



Miljökonsekvensbeskrivning Najaderna vindkraftpark

Najaderna Offshore AB, Hässleholm

2023-12-15

Uppdragsnr: P220192

Dokumentnr: 15932-23

Namn: Monika Walfisz

Tel: 070 209 26 51

E-post: monika.walfisz@dge.se

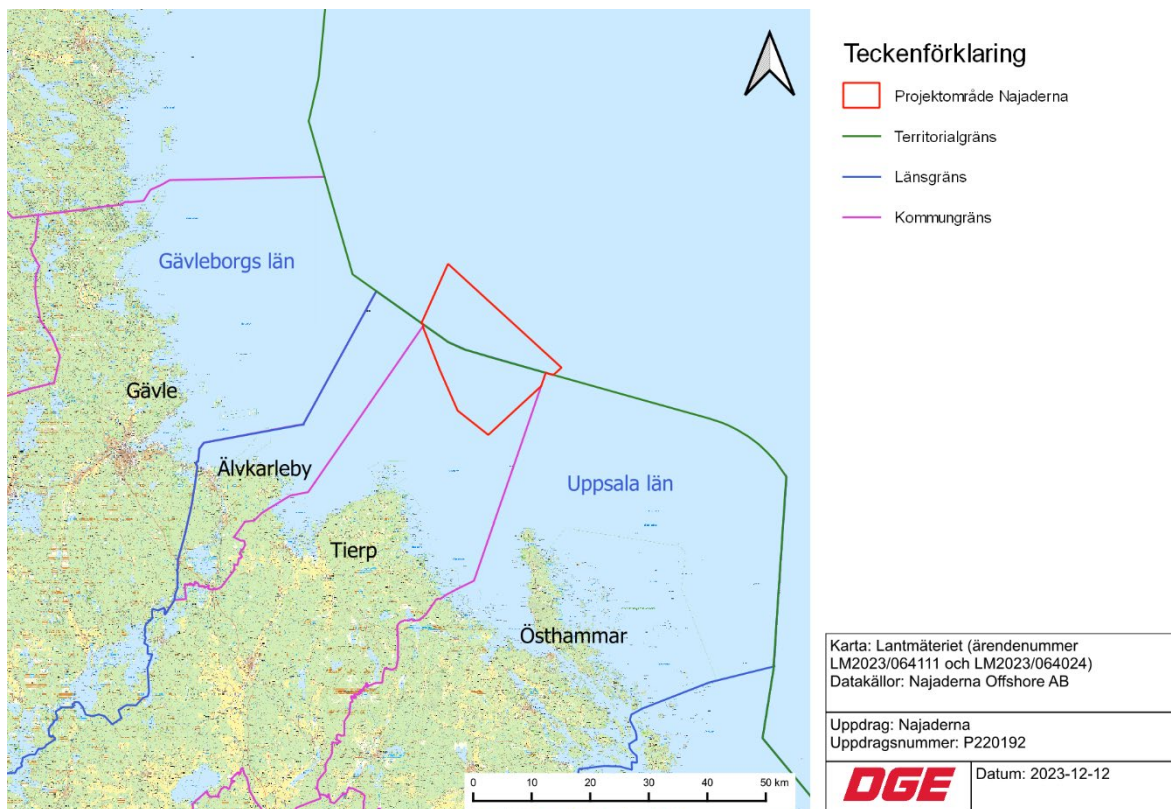
Josefin Åkerström

070 144 30 29

josefin.akerstrom@dge.se

Sammanfattning

Najaderna Offshore AB har utvecklat projektet Najaderna vindkraftpark, en havsbaserad vindkraftpark för produktion av förnybar el. Projektområdet för vindkraftparken är cirka 350 km² stort och ligger som närmast 17 km utanför fastlandets kustlinje inom Tierps kommun, Uppsala län, och sträcker sig även ut i Sveriges ekonomiska zon (SEZ). Projektområdet utgörs av öppet hav med ett vattendjup mellan cirka 30 och 70 meter. Inom parkens projektområde planeras för maximalt 67 vindkraftverk med en totalhöjd om högst 365 meter över havet och en installerad effekt på cirka 1 700 MW.



Översiktskarta över projektområdet för Najadernas vindkraftpark samt alternativa utredningskorridorer för exportkablar. Projektområdet är i sin helhet lokaliserat till Tierps kommun.

Najaderna vindkraftpark kan ge ett tillskott på cirka 4–5 TWh förnybar el per år till det svenska elnätet. Detta går att jämföra med elanvändningen i Uppsala och Gävleborgs län som under 2020 rapporterades till 3,1 TWh respektive 5,0 TWh. Vindkraftparken kan därmed få en betydande roll för framtida energibehov i området.

Samråd och miljöbedömning

Najaderna vindkraftpark är en sådan verksamhet som enligt 6 § miljöbedömningsförordningen (2017:966) alltid ska antas medföra en betydande miljöpåverkan, vilket innebär att en specifik miljöbedömning ska göras enligt 6 kap 28 § miljöbalken (1998:808). Miljöbedömningen ska inledas med ett avgränsningssamråd enligt 6 kap 29–31 §§ miljöbalken och 8 § miljöbedömningsförordningen. Ett avgränsningssamråd

genomfördes under juni 2022 till oktober 2022. Detta samråd genomfördes både med möten och skriftligt.

Syftet med denna MKB är att identifiera och beskriva eventuella direkta och indirekta effekter som den planerade verksamheten kan medföra på människor, djur, växter, vatten, mark, klimat, landskap och kulturmiljö samt andra verksamheter och intressen. Effekterna kan vara både positiva och negativa, tillfälliga eller bestående samt bidra till kumulativ påverkan. Syftet är sedermera att göra en samlad bedömning av dessa effekter på miljön och människors hälsa.

Najaderna Offshore har låtit beställa ett antal utredningar för att kunna beskriva rådande miljöförhållanden samt påverkansfaktorer och dess konsekvenser som kan komma att uppstå vid en etablering av vindkraftparken. Urvalet av utredningar har baserats på erfarenhet från liknande prövningar och på samråd med berörda organisationer, kommuner och myndigheter. Effekter från projektet har utretts avseende omblandning, strömmar, vågor, sedimentspridning, fysisk förändring av havsbotten, främmande arter, förorenings-spridning, undervattensbuller, elektromagnetiska fält, barriäreffekt, kollisionsrisk, habitatförlust, luftburet buller, synlighet samt nautiska risker.

DGE använder en väl definierad metodik för värdering av miljöeffekterna vid specifik miljöbedömning. Syftet är att skapa en enhetlig ram med avseende på metodik oberoende av ett tillståndprojekts karaktär. I metodiken bedöms det projektspecifika områdets värde/känslighet och de miljöeffekter som projektets miljöpåverkan väntas få. De identifierade värdena och effekten vägs därefter sedan till en konsekvens för olika delar av miljön. Konsekvensen kan utläsas utifrån sex värdeklasser: positiva, obetydliga, mycket små, små, måttliga och stora.

Matris för bedömning av miljökonsekvenser		Effekter				
		positiva	obetydliga	små	måttliga	stora
Värden och känslighet	Obetydliga	positiva	obetydliga	obetydliga	mycket små	mycket små
	Små	positiva	obetydliga	mycket små	små	måttliga
	Måttliga	positiva	mycket små	små	måttliga	stora
	Stora	positiva	mycket små	måttliga	stora	stora

Matris för bedömning av miljökonsekvenser.

Befolkning och människors hälsa

Konsekvenser för befolkning och människors hälsa bedöms främst uppstå under driftsfasen och då till följd av påverkan av synlighet, eftersom skuggning och luftburet ljud inte är att vänta över land. Konsekvensens amplitud beror dels på betraktarens inställning till vindkraftverk, dels på vilken plats betraktaren befinner sig när vindkraftparken infinner sig i blickfånget.

På grund av att trakten är glesbefolkad är det relativt få bostadsfastigheter som kommer att påverkas visuellt av vindkraftparken. Vidare är vindkraftparken väl placerad i förhållande till känsliga områden och känsliga utblickar.

Sammantaget bedöms påverkan på befolkning och människors hälsa, till följd av förändringar i landskapsbilden, att variera från liten till måttliga beroende på varifrån vindkraftparken betraktas samt individens subjektiva perspektiv, varför konsekvenserna varierar mellan mycket små och måttliga.

Djur- och växtarter samt biologisk mångfald

Natura 2000

Det är förbjudet att utan tillstånd bedriva verksamheter eller åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön i ett Natura 2000-område. Det gäller även åtgärder utanför området om det kan påverka miljön inne i Natura 2000-området.

Inga Natura 2000-områden förekommer inom projektområdet för vindkraftparken eller i dess omedelbara närhet. Drygt 4 km norr, nordväst respektive nordost om projektområdet för vindkraftparken ligger Finngrundets norra, västra och östra bankar som är utpekade Natura 2000-områden enligt art- och habitatdirektivet.

Genomförda utredningar avseende bentisk fauna, fisk och marina däggdjur visar att ingen påverkan kommer att uppstå i något av Natura 2000-områdena under någon av Najaderna vindkraftparks faser (anläggning, drift, avveckling). Sammantaget bedöms därmed Najaderna vindkraftpark inte påverka miljön i Natura 2000-områdena. Något Natura 2000-tillstånd bedöms därmed inte krävas.

Bentisk fauna

Under anläggningsfasen påverkas bottenhabitatet och bottenfaunan främst genom sedimentspridning/sedimentpålagring, miljögifter samt fysisk påverkan.

Värdena hos de vanligast förekommande arterna inom och vid Najadernas projektområde bedöms som obetydliga eftersom de är vanligt förekommande inom stora delar av Östersjön och inte är klassade som hotade eller rödlistade enligt den nationella rödlistan.

Effekterna av sedimentspridning bedöms som obetydliga på grund av att sedimenthalterna generellt är relativt låga och varaktigheten är kort. Miljökonsekvenserna av den potentiella sedimentspridning och sedimentation som Najaderna kan ge upphov till, i ett worst case, under anläggningsfasen bedöms för bottensamhällen därmed vara mycket små.

Det förekommer arter som kan vara känsliga för förhöjda halter av metaller och organiska föroreningar inom och i närheten av projektområdet. Baserat på förekommande arter med högst känslighet bedöms känsligheten som liten. Då grumlingen är begränsad och ej betydande föroreningshalter uppmätts inom projektområdet bedöms risken för föroreningsgenerande effekter som mycket låga. De sammantagna konsekvenserna under anläggningsfasen bedöms därmed vara små.

Najaderna innebär en viss minskning av mjukbottenytor. Denna minskning är dock relativt liten i proportion till projektområdet och bedöms därför inte kunna påverka bentiska arter negativt. Effekten bedöms därför som obetydlig. Konsekvensen för en fysisk påverkan på botten samhällena bedöms därmed som obetydlig.

Under driftsfasen kan påverkan på bottenlevande organismer ske genom tillkommande habitat och elektromagnetiska fält. Effekterna från en fysisk förändring under driftsfasen bedöms till obetydliga eftersom ytan som tas i anspråk av fundamenten endast utgör 0,02 % av hela projektområdet. De sammantagna konsekvenserna av den fysiska förändringen av havsbotten bedöms som obetydliga för bentisk fauna. Eftersom det saknas indikationer på att bottenfaunan påverkas negativt av magnetiska fält som alstras av sjökablar bedöms bottenfaunans känslighet som obetydlig. Konsekvensen från elektromagnetiska fält bedöms som obetydlig för bottenlevande organismer.

Påverkan vid avvecklingsfasen anses likartad den som uppkommer under anläggningsfasen och konsekvenserna av sedimentation och sedimentspridning bedöms följaktligen som mycket små och som små för spridning av föroreningar. Effekterna från avvecklingen av vindkraftverken förväntas vara mindre än påverkan vid anläggning och bedöms därför som obetydliga. Konsekvenserna av en fysisk förändring av havsbotten under avvecklingsfasen bedöms till obetydliga.

Fisk

Under anläggningsfasen kan temporära beteendemässiga reaktioner uppstå hos strömming och andra arter på grund av konstruktionsljud. Konsekvenserna för fisk, med inkluderade skyddsåtgärder, bedöms dock bli små.

Under driftsfasen är det osannolikt att alstrade ljudnivåer från vindkraftverken kommer att generera någon betydande fysiologisk påverkan på fisk som rör sig i området. Flertalet studier på olika arter har visat att tätheterna av fisk tenderar att öka inom projektområden för havsbaserad vindkraft, vilket antyder att bakgrundsljudets påverkan inte har någon signifikant påverkan. Effekterna bedöms därför vara obetydliga. Den samlade miljökonsekvensen för undervattensbuller under driftsfasen anses vara mycket små.

Najaderna vindkraftpark förväntas generera många mindre lokala rev dit fiskar kan attraheras vars konsekvens för det lokala fiskebeståndet bedöms som positiv.

Trots potentiella interaktioner mellan ål och elektromagnetiska fält från vindkraftverkens kablar, antyder forskning att miljöeffekten på ål är begränsad. Dock är ålens förekomst inom Najaderna förmodligen låg och de individer som rör sig i området kommer inte att vara stationära i direkt närhet till botten där kablarnas elektromagnetiska fält är som högst. Detta

gäller även andra reproduktionsmigrerande arter så som lax och öring, vilka migrerar pelagiskt. Sammanfattningsvis bedöms den totala konsekvensen av elektromagnetiska fält från internkabelnätet som obetydliga.

Det är inte studerat vilka nivåer av undervattensljud och sedimentspridning som genereras vid avveckling av en havsbaserad vindkraftpark. Sannolikt kommer avvecklingsarbeten inte alstra lika höga och störande ljud som pålning. Om kablarna avlägsnas förväntas att lika mycket sediment sprids som i anläggningsfasen. Följaktligen bedöms konsekvenserna av undervattensbuller och sedimentspridning på fisk under avvecklingen av vindkraftparken som mycket små.

Marina däggdjur

Vikare och gråsäl förekommer i projektområdet.

Vid användande av föreslagna ljuddämpande skyddsåtgärder blir påverkansavståndet för tillfällig hörselnedsättning och permanent hörselnedsättning för säl relativt kort. Detta i kombination med varaktigheten ger en effekt som bedöms som obetydlig. Därigenom bedöms den sammanvägda miljökonsekvensen för säl gällande undervattensbuller under anläggningsfasen som obetydlig. Den sammanvägda miljökonsekvensen av suspenderat sediment på säl under anläggningsfasen bedöms bli obetydlig eftersom sälar är anpassade till ett liv i havet där grumligt och mörkt vatten förekommer naturligt

Under driftsfasen kommer undervattensbuller från vindkraftverken att vara relativt låga och miljökonsekvensen bedöms därmed bli obetydlig för sälar. Den reveffekt som kan uppstå under driftsfasen skulle kunna öka mängden bytesdjur i området och därmed göra att området blir mer attraktivt för marina däggdjur under deras födosökningsperioder. Tillsammans med det skydd som området ger från de vältrafikerade farlederna runt omkring skulle detta kunna ge en liten positiv effekt på individnivå men sannolikt obetydlig på populationsnivå. Sammantaget bedöms miljökonsekvensen från fysisk förändring av havsbotten under driftsfasen bli obetydlig för sälar.

Samtantaget bedöms miljökonsekvensen av såväl suspenderat sediment och sedimentation som undervattensbuller under avvecklingsfasen som obetydlig för sälar.

Kumulativa effekter bedöms endast kunna uppstå i de fall andra projekt anläggs samtidigt och ger upphov till en påverkan som överlappar med påverkansområdet för Najaderna, men även för dessa fall bedöms konsekvenserna bli obetydliga.

Fåglar

Ottvall Consulting AB har gjort bedömningar för barriäreffekter, kollisionsrisk och undanträngning av habitat för fåglar. All påverkan sker under projektets driftsfas.

Konsekvenserna avseende häckande fåglar bedöms vara obetydliga eller mycket små utom för silltrut där konsekvenserna har bedömts bli små till följd av undanträngning, dock utan att populationen påverkas negativt.

Rastande och födosökande sjöfågel i form av alfågel, sjöorre samt små- och storlom uppvisar måttlig till hög känslighet för undanträngning men eftersom projektområdet inte nyttjas för födosök av dessa fåglar blir påverkan obetydlig och konsekvenserna mycket små. För svarthakedopping, sångsvan, tajgasädgås och vitkindad gås bedöms konsekvenserna bli obetydliga.

För migrerande fåglar har konsekvenserna bedömts som obetydliga för vadarfåglar, småfåglar och de flesta rovfåglar. För havsörn har konsekvenserna bedömts som mycket små eftersom Najaderna ligger tillräckligt långt ut från kusten för att havsörnar ytterst sällan ska flyga genom projektområdet.

Avseende kumulativ påverkan från vindkraftparkerna Storgrundet och Najaderna, i kombination med fiskeaktiviteter och sjötrafik, bedöms konsekvenserna bli obetydliga eller mycket små för samtliga fåglar, undantaget silltrut där konsekvenserna bedöms som små.

Fladdermöss

Baserat på att Najadernas projektområde ligger som närmast 17 kilometer från fastlandets kustlinje är det eventuella migrerande fladdermöss som kan komma att påverkas av en etablering av vindkraftparken, även om de troligaste migrationsrutterna förekommer söder om projektområdet.

DGE bedömer att värdet för området gällande fladdermöss är obetydligt och effekterna av påverkan som obetydliga till små, konsekvenserna blir därmed obetydliga. Bedömningen utgår från den osäkerhet som råder gällande fladdermössens benägenhet att migrera över öppet hav vilket gör att påverkan inte kan uteslutas helt.

Mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap, bebyggelse och kulturmiljö

Landskap och nyttjandevärden

Till följd av havets öppenhet och vindkraftverkens antal och storlek kommer Najaderna vid goda siktförhållanden vara delvis eller fullt synliga över stora vattenytor. Då vindkraftparken är belägen till havs kommer vindkraftverken dock inte att påverka landskapets rumslighet eller riktningar. Sammantaget, i förhållande till vindkraftparkens storlek, blir det totalt sett milda effekter på landskapet. Detta beror främst på att trakten är glesbefolkad och att vindkraftparkens placering ligger väl i förhållande till känsliga områden.

DGE bedömer känsligheten i landskapets nyttjandevärde som litet och den samlade påverkan som liten. Konsekvenserna för landskapets nyttjandevärde blir därmed mycket små.

Kusterosion

Reducerade våghöjder skulle kunna påverka en kust som är känslig för förändringar i sedimenttransport. Den närmaste kusten söder och öster om Najaderna bedöms främst bestå av klippor och grovt material. Den är dessutom mycket oregelbunden med många vikar och uddar. DGE bedömer att känsligheten för kusterosion som obetydlig. Med hänsyn till den förhållandevis begränsade reduktionen i våghöjd, ca 5 % i lä om vindkraftparken och mätbart

på upp till 50 km, så bedöms vidare påverkan som liten. Konsekvenserna blir därmed obetydliga.

Miljöövervakning

Ingen nationell eller regional miljöövervakningsprovpunkt ligger inom Najaderna vindkraftparks projektområde. Värdet av ett fungerande miljöövervakningsprogram har bedömts vara stort. Inför anläggningsfasen samt längre fram, under avvecklingsfasen, kan samordning med miljöövervakningen sannolikt underlätta provtagningen även under den tid anläggnings- respektive avvecklingsfasen pågår. Effekterna, exempelvis från sedimentspridning och undervattensbuller, bedöms därmed bli obetydliga och konsekvenserna mycket små. Några konsekvenser bedöms inte uppstå under driftsfasen och inte heller kan några kumulativa effekter förutspås.

Miljökvalitetsnormer

Projektområdet ligger inom Bottenhavets utsjövatten med miljökvalitetsnorm enligt Havsmiljöförordningen (2010:1341). En bedömning har gjorts av projektets påverkan på möjligheten att nå eller upprätthålla god miljöstatus för relevanta deskriptorer med tillhörande indikatorer. Av bedömningen framgår att det endast är för deskriptor avseende främmande arter som det finns en risk för påverkan på möjligheten att uppnå god miljöstatus.

Klimatnytta och klimatpåverkan

Den förväntade elproduktion från Najaderna vindkraftpark på ca 4–5 TWh per år skulle bidra till en utsläppsminskning av växthusgaser med cirka 2,7 miljoner ton per år, vilket motsvarar 6 % av de samlade svenska utsläppen.

Klimatets värde har bedömts vara högt och effekterna av projektet som positivt bedömt över hela sin livslängd (samtliga faser). Konsekvenserna blir därmed positiva.

Marinarkeologi

Marinarkeologiska värden skulle främst kunna påverkas av direkta fysiska ingrepp. Det finns två fartygslämningar registrerade i KMR (L1939:2649 och L139:2648) inom projektområdet. Utöver de två registrerade lämningarna finns förlisningsuppgifter om fartygen *Ludwig* och *Wermland*.

Så snart geofysiska undersökningar har utförts i projektområdet kommer fortsatta marinarkeologiska utredningar att fortgå. Det är Najaderna Offshores föresats att anpassa slutliga placeringar av alla installationer så att påverkan på eventuella lämningar kan undvikas; erfarenhetsmässigt har skyddsavstånd på mellan 50 och 80 meter bedömts tillräckliga. Några konsekvenser för marinarkeologin uppstår då inte. All vidare hantering av marinarkeologin kommer att ske inom ramen för kulturmiljölagen.

Hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt

Mark- och vattenområden användas för det eller de ändamål för vilka områdena är mest lämpade med hänsyn till beskaffenhet och läge samt föreliggande behov. Företräde ska ges sådan användning som medför en från allmän synpunkt god hushållning.

Områden av riksintresse

Runt omkring och i Najaderna vindkraftparks projektområde finns riksintressen utpekade för energiproduktion, sjöfart, yrkesfiske, naturvård, friluftsliv, kulturmiljövård och högexploaterad kust. DGE bedömer att den ansökta verksamheten inte riskerar att påtagligt skada förekommande områden av riksintresse.

Havsplaner

Najaderna vindkraftparks lokalisering sammanfaller i stora drag med ett föreslaget energiområde inom ramen för arbete med uppdaterade havsplaner som har varit föremål för samråd under hösten 2023. Projektområdet är vidare i överensstämmelse med de befintliga havsplaneområdena som beslutades i februari 2022.

Hushållning med material, råvaror och energi

Genom att Najaderna kommer att producera fossilfri el, vilket i sig är grunden för god hushållning med energi, påverkas projektets hushållning bland annat av fundamentalsval där gravitationsfundament normalt är mer materialkrävande än andra fundamentstyper. Projektet förhindrar ingen annan verksamhets möjlighet till nyttjande av material, råvaror eller energi.

Andra delar av miljön

Yrkesfisket

Det kustnära strömmingsfisket är en traditionellt viktig näring på norrlandskusten och områden av riksintresse för yrkesfisket finns i närområdet, inga sammanfaller dock med projektområdet och det huvudsakliga yrkesfisket sker utanför projektområdet. Baserat på detta gör DGE bedömningen att värdet på yrkesfisket i projektområdet är litet. Effekterna bedöms för anläggningsfasen bli små med små konsekvenser som följd. Effekterna för driftsfasen, beroende på många olika faktorer så som fiskemetoder, anpassningsmöjligheter, reveffekter och ”spill-over”, kan variera mellan positiva och måttligt negativa med positiva till små negativa konsekvenser som följd. Vid avvecklingsfasen bedöms effekterna som helhet bli måttligt, baserat på att det endast är under en avgränsad tid som effekten uppstår vilket medför små konsekvenser.

Omfattningen av kumulativa effekter under driftsfasen beror till stor del på om yrkesfiske kommer tillåtas inom vindkraftparkernas områden. Sannolikt innebär etableringen av vindkraftparkerna en omfördelning i fiskeansträngningen inom olika havsområden.

Sjöfart och nautiska risker

Sjöfarten i området har ett måttligt värde, beaktat den trafikintensiteten.

En riskidentifiering har genomförts utifrån projektområdets utformning. En uppdaterad riskanalys planeras i ett senare skede av projekteringen. Slutlig bedömning av påverkan och konsekvenser kan göras först när denna är klar.

Försvarsmakten

Det finns inga offentligt redovisade försvarsintressen inom projektområdet eller i dess närhet. I samrådet har dock Försvarsmakten angett att det planerade projektet riskerar att medföra påtaglig skada på riksintresse för totalförsvarets militära del som omfattas av sekretess enligt 15 kap 2 § offentlighets- och sekretesslagen (2009:400). Försvarsmakten redogör inte mer specifikt för denna skada, då det skulle riskera att avslöja uppgifter vars röjande kan medföra betydande men för totalförsvaret eller i annat fall för rikets säkerhet.

Najaderna Offshore bedömer, i likhet med vad som framgår av FOI:s rapport *Möjligheter till samexistens mellan Försvarsmaktens verksamhet och utbyggd vindkraft* (FOI, 2022) att det finns möjligheter till tekniska anpassningar i vindkraftparken som möjliggör samexistens med Försvarsmaktens eventuella verksamhet inom området och välkomnar en dialog med Försvarsmakten kring hur sådan anpassning bäst hade kunnat utföras. Vidare kan det noteras att elförsörjningen också utgör del av totalförsvarets intresse.

Samlad bedömning

Sammantaget kan konstateras att de högst bedömda konsekvenserna, måttliga, i jämförelse med nollalternativet uppstår till följd av vindkraftverkens synlighet från land under driftsfasen. Härfter följer små konsekvenser för bentisk fauna under anläggnings- och avvecklingsfas, för fisk under anläggningsfasen samt för yrkesfisket under samtliga projektfaser. Vissa positiva konsekvenser har också bedömts kunna uppkomma för fisk och yrkesfisket under driftsfasen samt för klimatet under projektets driftsfas.

Tabell. Matris som sammanfattar de samlade miljöeffekterna till följd av den ansökta verksamheten.
n/a betyder ej relevant.

	positiv	obetydlig	mycket små	små	måttliga	stora
Område	Anläggningsfas			Driftsfas		Avvecklingsfas
Befolkning och människors hälsa						
- Boende (vindkraftverkens synlighet från land)			n/a			n/a
Djur, växter och biologisk mångfald						
- Natura 2000	Natura 2000-prövning bedöms ej krävas					
- Bentisk fauna						
- Fisk						

Område	Anläggningsfas	Driftsfas	Avvecklingsfas
- Marina däggdjur			
- Fåglar	n/a		n/a
- Fladdermöss	n/a		n/a
Mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap och kulturmiljö			
- Landskap och nyttjandevärden	n/a		n/a
- Kusterosion svenska kusten	n/a		n/a
- Miljöövervakning	n/a	n/a	n/a
- Miljökvalitetsnorm			
- Klimatnytta och klimatpåverkan			
- Marinarkeologi	n/a	n/a	n/a
Hushållning med mark, vatten, och den fysiska miljön i övrigt	God hushållning och ingen påtaglig skada		
Hushållning med material, råvaror och energi	God hushållning		
Andra delar av miljön			
- Yrkesfisket			
- Sjöfarten	Bedöms i ett senare skede efter genomförande av nautisk riskanalys		
- Totalförsvaret	Bedömning ej möjligt på grund av försvarssekretess		

Monika Walfisz
Monika Walfisz

Josefin Åkerström
Josefin Åkerström

Innehåll

1	Inledning	16
1.1	Bakgrund och syfte	16
1.2	Klimatet	16
1.3	Regional nytta	17
2	Omfattning	18
2.1	Verksamheten	18
2.2	Begränsningar av projektområdet	18
2.3	Följdverksamhet	19
2.4	Samråd	21
2.5	Geografisk avgränsning	21
3	Administrativa uppgifter	21
3.1	Sökanden	21
3.2	Krav på sakkunskap	22
3.3	Syftet med miljökonsekvensbeskrivningen	24
4	Omgivningsbeskrivning	24
4.1	Underlag och metoder för beskrivning av rådande förhållanden	24
4.2	Lokalisering	24
4.3	Planförhållanden	26
4.4	Närliggande verksamheter och projekt	31
4.5	Riksintressen	32
4.6	Skyddade områden	35
4.7	Värdetrakter	37
4.8	Landskap	38
4.9	Marinarkeologi	42
4.10	Vindförhållanden	44
4.11	Hydrografi	44
4.12	Geologi och bottenförhållanden	46
4.13	Miljökvalitetsnormer	51
4.14	Miljöövervakning	52
4.15	Marina naturvärden	53
4.16	Fåglar	64
4.17	Fladdermöss	67

4.18	Yrkesfiske	68
4.19	Sjöfart	73
4.20	Luftfart	74
4.21	Försvarsintressen	75
5	Verksamhetsbeskrivning	75
5.1	Utformning av vindkraftparken	75
5.2	Beskrivning av parkens komponenter	77
5.3	Anläggningsfas	85
5.4	Driftsfas	87
5.5	Avvecklingsfas	89
6	Alternativredovisning	90
6.1	Nollalternativet	90
6.2	Lokaliseringsalternativ	91
6.3	Alternativa utformningar	94
7	Bedömningsmetodik och bedömningsgrunder	96
7.1	Bedömningsmetodik	96
7.2	Bedömningsgrunder	97
8	Miljöpåverkan och miljöeffekter	97
8.1	Omblandning	97
8.2	Strömmar	101
8.3	Vågor	103
8.4	Sedimentspridning	104
8.5	Fysisk förändring av havsbotten	107
8.6	Artificiella rev	107
8.7	Främmande arter	108
8.8	Föroreningsspridning	108
8.9	Undervattensbuller	108
8.10	Utsläpp av olja och kemikalier	120
8.11	Elektromagnetiska fält	120
8.12	Termisk påverkan	122
8.13	Kollisionsrisk, förlust av habitat och barriäreffekter	122
8.14	Luftburet ljud	124
8.15	Skuggning	126

8.16	Synlighet.....	126
8.17	Nautiska risker.....	133
9	Skyddsåtgärder.....	133
9.1	Anläggningsfasen	133
9.2	Driftsfasen.....	134
9.3	Avvecklingsfasen.....	134
10	Konsekvensbedömning	134
10.1	Befolkning och människors hälsa.....	134
10.2	Djur- och växtarter samt biologisk mångfald	135
10.3	Mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap, bebyggelse och kulturmiljö.....	147
10.4	Hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt	150
10.5	Hushållning med material, råvaror och energi	153
10.6	Andra delar av miljön	153
10.7	Samlad bedömning	155
11	Uppföljning och kontroll.....	157
12	Referenser	157

Bilagor

Bilaga C.1	Förteckning underlagsrapporter
Bilaga C.2	Landskapsbildsanalys
Bilaga C.3	Omblandning, Strömmar, Vågor och sedimentspridning
Bilaga C.4	Geologi och bottenförhållanden
Bilaga C.5	Bentisk fauna
Bilaga C.6	Fisk
Bilaga C.7	Marina däggdjur
Bilaga C.8	Fåglar
Bilaga C.9	Fladdermöss
Bilaga C.10	Trafikanalys
Bilaga C.11	Flyghinderanalys
Bilaga C.12	Lokaliseringsutredning
Bilaga C.13	Undervattensbuller
Bilaga C.14	Elektromagnetiska fält
Bilaga C.15	Luftburet buller
Bilaga C.16	Fotomontage

Versionsförteckning

Nr	Datum	Kommentar
	2023-12-15	Original

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

I Östra Mellansverige (ÖMS), det vill säga länen Stockholm, Uppsala, Gävleborg, Västmanland, Örebro, Södermanland och Östergötland, förväntas ett ökat elbehov. I Stockholms län förväntas kraftbehovet öka mest men även i övriga län förväntas en ökning.

Najaderna vindkraftpark kan ge ett årligt tillskott av förnybar el om 4–5 TWh till det svenska elnätet och således få en betydande roll för tillgodoseendet av det framtida energibehovet i området med möjlighet för direktleverans, med små förluster, av lokalproducerad förnybar el till industrier och verksamheter i regionen för att bibehålla regionens konkurrenskraft och säkra arbetstillfällen.

Riksdagen har beslutat att Sverige år 2040 ska ha 100 % fossilfri elproduktion och Najaderna vindkraftpark kommer att vara en viktig del i att nå riksdagens beslutade mål.

1.2 Klimatet

Klimatförändringar till följd av utsläpp av växthusgaser är ett reellt hot, vars effekter redan idag är synliga. Enligt FN:s klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) krävs det stora, snabba och permanenta utsläppsminskningar för att minimera konsekvenserna av klimatförändringarnas effekter (IPCC, 2023). Internationellt bedrivs arbetet bland annat genom Agenda 2030 för en hållbar utveckling, som antogs 2015 av FN:s medlemsländer. Agenda 2030 är den mest ambitiösa agendan för hållbar utveckling som världens länder någonsin antagit. Ett av de 17 delmålen handlar om att bekämpa klimatförändringarna. Det globala arbetet konkretiseras bland annat i Klimatkonventionen, en global konvention med åtgärder för att stoppa klimatförändringarna, vilken undertecknades i Rio 1992 och trädde i kraft 1994. Till Klimatkonventionen hör Parisavtalet, ett globalt klimatavtal som beslutades 2015 och som trädde i kraft 2016. Parisavtalet slår fast att den globala temperaturökningen ska begränsas till under två grader Celsius, med strävan att begränsa den till 1,5 grader Celsius, för att undvika de värsta konsekvenserna av klimatförändringarnas effekter. Metoden för att uppnå detta är främst att minska utsläppen av växthusgaser i atmosfären (Globala Målen, 2022).

Som en del i detta arbete har Sverige tagit fram nationella mål. Ett av dessa är att Sverige ska ha ett 100 % fossilfritt elsystem år 2040 (Energimyndigheten, 2023a). Vindkraft, som är en förnybar och fossilfri energikälla, har pekats ut som betydande för att ställa om Sveriges energisystem.

I juli 2021 föreslog den Europeiska kommissionen det så kallade "Fit for 55" vilket bland annat innebär att direktivet om förnybar energi (RED II) skulle uppdateras och det dåvarande målet att nå 32 % förnybar energi till 2030 skulle höjas till 40 %. Därefter invaderade Ryssland Ukraina och EU ville minska beroendet av fossil naturgas från Ryssland och föreslog genom "REPowerEU"-planen att andelen förnybar energi skulle öka ytterligare, till 45 % (European Commission, 2023). Under oktober 2023 antog det Europeiska rådet det nya direktivet om förnybar energi (RED III) där andelen förnybar energi i EU:s totala

energiförbrukning ska uppgå till 42,5 % senast 2030. Dessutom föreskrivs ett ytterligare vägledande tillägg på 2,5 % där medlemsstaterna ska sträva efter att uppnå målet på 45 % (Europeiska rådet, 2023). Den 31 oktober 2023 publicerades det nya direktivet och den 20 november trädde det i kraft, 18 månader därefter blir ändringarna rättsligt bindande (European Commission, 2023).

Det finns även regionala klimat- och energistrategier för Uppsala län, som tagits fram av länsstyrelsen i Uppsala län i samverkan med länets aktörer. För att nå målet om maximalt 1,5 grader Celsius medeltemperaturökning måste de totala koldioxidutsläppen från Uppsala län minska med 16 % per år från 2020 till 2040 (Länsstyrelsen Uppsala län, 2023).

Även i Gävleborgs län har länsstyrelsen tagit fram regionala klimat- och energistrategier, vilka konkluderar att de totala koldioxidutsläppen från Gävleborgs län måste minska med 15 % per år från 2020 till 2040 för att nå målen i Parisavtalet (Gävleborgs län, 2020). Redan fram till år 2030 ska utsläppen från industrisektorn ha minskat med 75 % och vindkraftsproduktionen uppgå till 5 TWh i länet (Länsstyrelsen Gävleborg, 2019).

Industri- och transportsektorn står för två tredjedelar av Sveriges klimatutsläpp (Naturvårdsverket, 2022a). Inom dessa sektorer har det påbörjats en omfattande elektrifiering, där den fossila energi som bidrar till den globala uppvärmningen snabbt ska ersättas med fossilfri el från framför allt vindkraft. Det uppskattas att denna omställning kommer att innebära att energianvändningen i Sverige kommer att mer än fördubblas till 2045 och att landet då kommer att ha ett elbehov om cirka 330 TWh per år (Energiföretagen, 2023). Ett exempel är övergången till elbilar, där en elektrifiering av lätta fordon bedöms öka elanvändningen med cirka 12 TWh. Idag har Sverige en elproduktion om cirka 160 TWh, varav 80 TWh kommer att falla för åldersstrecket före 2045. Det innebär att Sverige till år 2045 behöver tillföra ny elproduktion motsvarande 220 TWh.

Utbyggnad av vindkraft är med andra ord en förutsättning för att uppnå Sveriges nationella mål om ett fossilfritt elsystem och öka landets konkurrenskraft. Eftersom Sverige har goda förutsättningar för en fossilfri elproduktion möjliggör detta samtidigt en ökning av svensk elexport som innebär att elproduktion från kol- och gaskraft i andra länder trängs ut. Enligt en rapport från nätverket Vindkraftens klimatnytta innebär detta att utsläppen minskar med omkring 600 000 ton CO₂-ekvivalenter per producerad TWh. Genom att möjliggöra både elektrifiering och elexport, har vindkraften potential att minska klimatutsläppen med motsvarande 50 % av Sveriges nuvarande utsläpp till år 2030 (Nätverket Vindkraftens klimatnytta, 2019).

1.3 Regional nytta

De sju länen i ÖMS är län med stor energianvändning främst eftersom området är tätbebyggt men också till följd av industrier. Under 2017 uppgick elanvändningen inom ÖMS till 45 TWh, cirka 35 % av Sveriges elanvändning samma år. Enligt flera analyser förväntas elbehovet i ÖMS att öka fram till 2045, framför allt inom transportsektorn, industrisektorn samt service- och tjänstesektorn. Dessutom förväntas ett ökat elbehov till datacenter främst i Gävleborgs län. I Stockholms län förväntas kraftbehovet öka mest med en tillkommande elanvändning på cirka 3 TWh/år redan fram till år 2030. Västmanland, Gävleborg och Södermanland har en förväntad tillkommande elanvändning om cirka 0,6–1 TWh/år vardera

till år 2030 medan övriga län, Uppsala, Örebro och Östergötland, förväntas hamna någonstans mellan 0,35 och 0,45 TWh/år (Tillväxt- och regionsplaneförvaltningen, 2019).

Najaderna vindkraftpark kan ge ett tillskott på cirka 4–5 TWh förnybar el per år till det svenska elnätet. Detta går att jämföra med elanvändningen i Uppsala och Gävleborgs län som under 2020 rapporterades till 3,1 TWh respektive 5,0 TWh (SCB Statistikdatabasen, 2022). Vindkraftparken kan därmed få en betydande roll för framtida energibehov i området.

För att Sverige ska ha ett 100 % fossilfritt elsystem år 2040 krävs bland annat en fortsatt utbyggnad av vindkraften i hela landet. I Uppsala län är vindkraften inte utbyggd i någon större omfattning. Under 2020 var enbart 13 verk i drift med en total installerad effekt på 12 MW. Totalt producerades endast 0,33 TWh el från vindkraft i Uppsala län (Energimyndigheten Statistiskdatabas, 2022) vilket enbart motsvarar cirka 1 % av elanvändningen i länet (SCB Statistikdatabasen, 2022).

Med etablering av havsbaserad vindkraft i och i närheten av Uppsala län kan stor regional nytta uppnås genom att möjliggöra tillgång till tillräcklig effekt och elenergi i regionen. Där har Najaderna vindkraftpark en viktig roll att spela.

2 Omfattning

2.1 Verksamheten

Den verksamhet som konsekvensbedöms i denna miljökonsekvensbeskrivning (MKB) är Najaderna vindkraftpark med tillhörande interna kabelnät och transformatorstationer inom projektområdet samt följdverksamheter (se avsnitt 2.3). Påverkan och konsekvenser som förväntas uppstå till följd av vindkraftparken och tillhörande kablar i dess påverkansområde och omkringliggande miljö beskrivs vidare i detta dokument med fokus på projektfaserna anläggning och drift. Avvecklingsfasen beskrivs också, utan att förekomma den tillståndsprovning som kommer att föregå denna fas. Rivningsarbeten förväntas inte inom ramen för den ansökta verksamheten utöver den avveckling som redan nämnts.

För att uppnå en installerad effekt på cirka 1 000–1 700 MW kan vindkraftparken utformas på olika sätt. Den huvudsakliga exempellayouten omfattar 67 vindkraftverk installerade i parken med en individuell effekt på 20 MW, och som ett worst case för miljöbedömningar har vindkraftverk med 365 meters totalhöjd antagits.

2.2 Begränsningar av projektområdet

Inga resultat av någon av de utredningar som genomförts inför tillståndsansökan föranleder några begränsningar av det i ansökan sökta projektområdet.

Däremot har projektet i ett sent skede valt att exkludera de delar av projektområdet som legat inom Östhammars kommun från ansökan. Det innebär att vissa kartor i underlagsrapporterna som bifogas ansökan fortfarande visar det ursprungliga projektområdet där dessa delar ingår. Bedömningarna i underlagsrapporterna och denna MKB påverkas inte av denna förändring.

I visst kartmaterial överlappar även projektområdet Älvkarleby kommuns kommungräns, detta beror på ett felaktigt GIS-lager i projektets uppstart och Älvkarleby kommuns territorium ingår inte i projektets slutliga utformning och således inte i tillståndsansökan.

2.3 Följdverksamhet

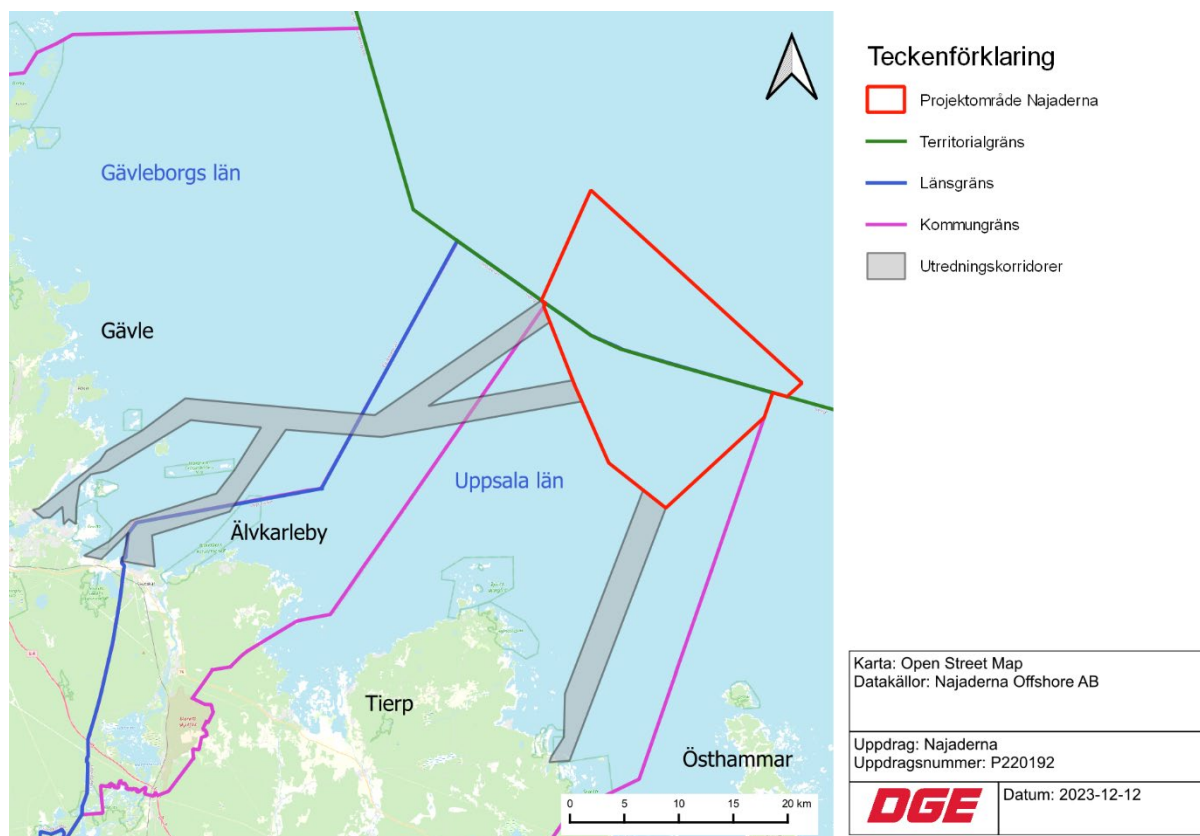
Följdverksamhet, det vill säga aktiviteter som följer av den ansökta verksamheten och som krävs för att verksamheten ska kunna genomföras, men som inte är tillståndspliktiga alternativt prövas i annat ärende, utgörs i detta fall av exportkablar för anslutning till överliggande elnät på land samt transporter. Nedläggning av exportkablar kan i huvuddrag likställas med hur nedläggning av internkabelnätet sker och som beskrivs i avsnitt 5.3. Påverkan och miljöeffekter från nedläggning av internkabelnätet beskrivs i avsnitt 8.4, 8.8, 8.11 och 8.12.

2.3.1 Exportkablar

Beroende på överföringskapacitet, spänning och installerad effekt i vindkraftparken kan det krävas flera parallella kablar för anslutning av Najaderna vindkraftpark till elnätet på land. Exportkablar kommer troligtvis att ha en spänningsnivå på 130–330 kV. Beroende på bottenförhållandena kommer kablar att läggas parallellt med varandra och vara begrävda i diken eller placerade direkt på botten och täckta med kabelskydd. Faktorer som påverkar kabeldragningen är bottenförhållanden, djup, skyddsområden, vrak och höga naturvärden. Avståndet mellan vindkraftparken och de landtagningspunkter som hittills undersökts är cirka 30–55 km.

Den landtagningspunkt där exportkablar kommer in till land kommer, beroende på de lokala förutsättningarna, att vara begrävd eller borrarad under kustlinjen och ansluta det havsbaserade elektriska systemet med det på land i en överföringspunkt. Övergången är placerad på land där en stabil och säker kopplingspunkt kan etableras. Vid behov transformeras spänningen vid landtagningen för vidare transport via kraftledning eller kabel till överliggande nät.

Tre alternativa utredningskorridorer för kablar samt fyra möjliga anslutningspunkter till överliggande nät identifierades inom ramen för genomförda samråd, se Figur 1.



Figur 1. Projektområdet med alternativa utredningskorridorer. Projektområdet är i sin helhet lokaliserat till Tierps kommun.

Svenska kraftnät arbetar med förstudier och förberedelser för en förstärkning av elnätet för att möjliggöra anslutning av havsbaserad vindkraft. Investeringsprogrammet NordSyd syftar till att öka överföringsförmågan mellan norra och södra Sverige samt till att förstärka transmissionsnätet för att ge möjlighet att ansluta havsbaserad vindkraft. Undersökningsområden för anslutningspunkter avsedda för havsbaserad vindkraft finns i Hudiksvall, Söderhamn och Tierp.

Mot bakgrund av Svenska kraftnäts pågående utredningsarbete omfattar inte den aktuella ansökan exportkablar, eftersom det i dagsläget inte är klart var en eventuell anslutningspunkt kommer att lokaliseras. Exportkablarna kommer därför, i sin helhet, att behandlas i separat ärende i ett senare skede i enlighet med kontinentalsockellagen, miljöbalken och ellagen.

2.3.2 Transporter

Transporter till och från en anläggning utgör ett följd företag och ska beaktas vid prövningen under förutsättning att de har ett omedelbart samband med den tillståndsprövade verksamheten. För Najaderna vindkraftpark har därför transporter som bedöms uppkomma under såväl anläggnings- som driftsfas utretts i avsnitten 5.3 och 5.4 samt i efterföljande avsnitt som avser påverkan från projektet. Transporter kommer även att uppkomma vid avveckling av vindkraftparken men någon närmare utredning av dessa har inte inkluderats i ansökan på grund av alltför många okända faktorer.

2.4 Samråd

Najaderna vindkraftpark är en sådan verksamhet som enligt 6 § miljöbedömningsförordningen (2017:966) alltid ska antas medföra en betydande miljöpåverkan, vilket innebär att en specifik miljöbedömning ska göras enligt 6 kap 28 § miljöbalken (1998:808). Miljöbedömningen ska inledas med ett avgränsningssamråd enligt 6 kap 29–31 §§ miljöbalken och 8 § miljöbedömningsförordningen. Avgränsningssamrådet syftar till att utreda omfattningen och detaljgraden av kommande MKB.

Ett avgränsningssamråd genomfördes under juni 2022 till oktober 2022. Detta samråd genomfördes både med möten och skriftligt.

Fullständig samrådsredogörelse finns att läsa i Bilaga D till ansökan.

2.5 Geografisk avgränsning

Konsekvensbedömningarna omfattar relevanta geografiska områden som kan tänkas bli påverkade av etableringen av vindkraftparken. De geografiska avgränsningarna grundas på underlagsutredningar samt yttranden som framkommit under avgränsningssamråd. De geografiska områdena innefattar det direkta påverkansområdet inom projektområdet samt omkringliggande områden som kan påverkas direkt eller indirekt av vindkraftparken. Exempel på omkringliggande områden är anslutande havsområden, fartygsleder och landområden från vilka vindkraftverken är synliga – den geografiska avgränsningen varierar därmed utifrån de olika aspekterna.

3 Administrativa uppgifter

Verksamhetsutövare:	Najaderna Offshore AB
Organisationsnummer:	559376-1934
Postadress:	Box 95 SE-281 21 Hässleholm
E-postadress:	najaderna@eolusvind.com
Kontaktperson:	Måns Larsson 073–096 33 28 mans.larsson@eolusvind.com
Ansökt verksamhet:	Uppförande, drift och avveckling av Najaderna vindkraftpark i svenska territorialvattnet och svensk ekonomisk zon i södra Bottenhavet utanför Tierps kommun, Uppsala län.

3.1 Sökanden

Projektbolaget Najaderna Offshore AB ägs av Eolus Vind AB (publ). Eolus är en ledande utvecklare av innovativa och skräddarsydda lösningar för förnybar energi. Från tidig projektutveckling till byggnation och drift av förnybara energianläggningar är vi en del av hela värdekedjan. Sedan starten 1990 har Eolus medverkat vid uppförandet av 738

vindkraftverk med en effekt om 1 814 MW. Utöver detta har Eolus pågående etableringar i Sverige, Norge och USA som omfattar 392 MW. Sammanlagt har Eolus etablerat cirka 14 % av den vindkraft som hittills har byggts i Sverige.

Eolus bedriver för närvarande verksamhet inom sol, energilagring samt landbaserad och havsbaserad vindkraft i Norden, Baltikum, Polen och USA, och är engagerat i projektutveckling av ett antal havsbaserade vindkraftsprojekt inom flera av dessa länder. I takt med att etableringskostnaderna för havsbaserad vindkraft sjunker siktar Eolus på att vara en del av värdekedjan i detta segment genom utveckling av attraktiva projekt. Eolus har bland annat varit involverat i utvecklingen och tillståndsansökan för Västvind vindkraftpark väster om Göteborg och Arkona vindkraftpark utanför Skånes sydkust.

Utöver projektering och etablering har Eolus också en driftorganisation med kontrakt att förvalta 1 209 MW åt kunder, varav 817 MW är i drift.

3.2 Krav på sakkunskap

DGE Mark och Miljö AB

DGE Mark och Miljö AB grundades år 2004 och är ett konsultföretag inom miljöområdet med en bred kompetens och lång erfarenhet inom bland annat miljöprövningar, periodiska besiktningar, förorenade områden, hållbarhetsfrågor, ledningssystem, vattenkemi och utsläpp till luft. DGE:s kunder finns i flera olika branscher som till exempel livsmedelsindustrin, massabruksindustrin, energibolag, verkstadsindustrin samt i offentlig sektor såsom kommun och region.

Monika Walfisz har varit uppdragsansvarig för projektet Najaderna vindkraftpark. Hon är miljövetare med en magisterexamen i Miljövetenskap från Göteborgs universitet med drygt 20 års erfarenhet inom miljöområdet. Monika arbetar med projekt kopplade till miljölagstiftning, som tillståndsansökningar, miljökonsekvensbeskrivningar och olika miljöutredningar framför allt vad gäller miljöfarlig verksamhet och vattenverksamhet men även avseende exempelvis elnätskoncessioner, Natura 2000-prövningar och diverse dispensärende och anmälningar enligt miljöbalken.

Josefin Åkerström är utbildad till Civilingenjör i energisystem med fokus på förnybara energikällor. På DGE arbetar Josefin bland annat med tillståndsprövningar avseende havsbaserad vindkraft och som besiktningsförrättare vid periodiska besiktningar, verifierare inom EU ETS och oberoende granskare inom hållbarhetskriterier. Därutöver arbetar Josefin även inom DGE:s lagbevakningstjänst Lagmaskinen och bidrar i DGE:s arbete med att stötta verksamhetsutövare i olika miljötillståndprocesser.

Johan Berlin har kandidatexamen i Naturvårdsbiologi samt en masterexamen i Globala studier med inriktning på hållbar utveckling från Göteborgs universitet. Johan arbetar med projekt kopplad till miljöprövningar, särskilt med tillståndsprövningar avseende havsbaserad vindkraft men även annan miljöfarlig verksamhet i olika branscher.

NIRAS

NIRAS är en internationell koncern med bred verksamhet men med tydliga expertområden. Miljö- och tillståndsärenden gällande vattenverksamhet och miljöfarlig verksamhet inkluderande vindkraft tillhör dessa expertområden. NIRAS har deltagit i tillståndsprocesser för havsbaserad vindkraft sedan den allra första vindparken i Danmark för ca 30 år sedan och arbetar för närvarande med vindparker i ett 10-tal länder. I Sverige bidrar vi med expertkunskaper i över 20 projekt gällande havsbaserad vindkraft och verksamheten inkluderar t ex undersökningar av marin biologi och miljögifter, framtagande av underlag till samråd och MKB, deltagande i samråd, domstolsförhandlingar samt ingenjörstjänster som beräkning av undervattensbuller, sedimentspridning, påverkan på hydrografi mm.

Martin Isaeus har mer än 20 års erfarenhet av miljörådgivning och marin forskning. Rollen har inkluderat projektägare/ledare/medlem i mer än 100 konsult- och/eller forskningsprojekt främst med fokus på den marina miljön. Ämnen har innefattat till exempel marina undersökningar och övervakning, modellering och kartläggning av marina organismer, miljökonsekvensbedömningar av havsbaserade vindkraftsparker, utveckling av eDNA och andra undersökningsmetoder. Under ledning av Martin har AquaBiota och därefter NIRAS utvecklat en stark marknadsposition inom havsvind i Sverige. Martins roll är ofta att hitta de bästa lösningarna för kunderna och tillhandahålla marinbiologisk och strategisk expertis under tillståndsfasen av projekten. Martin har också nyligen varit en del av två forskningsprojekt om inverkan av havsbaserad vindkraft på marint liv och om bedömning av hållbar storskalig utveckling av detta.

Hedda Kjelldahl är naturgeograf med en kandidatexamen i biogeovetenskap och en masterexamen i geomatik med fjärranalys och GIS. Genom examensarbeten har hon riktat in sig särskilt mot marin ekologi. På NIRAS jobbar hon främst med tillståndsprocesser avseende havsbaserad vindkraft, men även med geografiska analyser i andra projekt.

Matilda Rasmussen är marinvetare med inriktning biologi och har en masterexamen från Göteborgs Universitet. Matilda arbetar med projekt på NIRAS främst med miljöutredningar kopplat till tillståndsansökningar för havsbaserad vindkraft. Det marina fokusområdet för Matilda är bentiska miljöer och ekosystem.

Sanna Guldbrandzén har en masterexamen inom biologi med inriktning på marinbiologi och har arbetat som miljökonsult sedan 2013. Särskilda kompetensområden är vatten- och sedimentundersökningar, marinbiologi, akvatisk ekologi och miljökontrollprogram.

Robert Rämö har varit expeditionsledare för projektet Najaderna vindkraftpark. Robert är marinbiolog med en bakgrund i marin miljöövervakning och forskning inom förorenade sediment och bentisk fauna i Östersjön. Han har sedan 2022 arbetat med marina undersökningar och miljöbedömningar av havsbaserad vindkraft med huvudfokus på sediment och bentisk fauna.

Emilia Benavente Norrman innehar en masterexamen i Marinbiologi och har arbetat med olika frågor rörande marina däggdjur i 10 år.

Leo Näsström är utbildad marinbiolog med en mastersexamen i marinbiologi från stockholmsuniversitet. Leo arbetar med projekt kopplade till tillståndsansökningar för havsbaserad vindkraft, särskilt med fokus på fältarbete och rapporthandläggning.

Erika Fernlund Isaksson är disputerad biolog och har genom studier och forskning studerat fisk i svenska och utrikes vatten. På NIRAS arbetar hon främst med fiskfrågor.

Jerker Vinterstare har varit uppdragsledare för projektet Najaderna vindkraftpark. Jerker är evolutionsbiolog och har arbetat med frågor rörande akvatisk ekologi och biologi sedan år 2012.

3.3 Syftet med miljökonsekvensbeskrivningen

Syftet med denna MKB är att identifiera och beskriva eventuella direkta och indirekta effekter som den planerade verksamheten kan medföra på människor, djur, växter, vatten, mark, klimat, landskap och kulturmiljö samt andra verksamheter och intressen. Effekterna kan vara både positiva och negativa, tillfälliga eller bestående samt bidra till kumulativ påverkan. Syftet är sedermera att göra en samlad bedömning av dessa effekter på miljön och människors hälsa.

4 Omgivningsbeskrivning

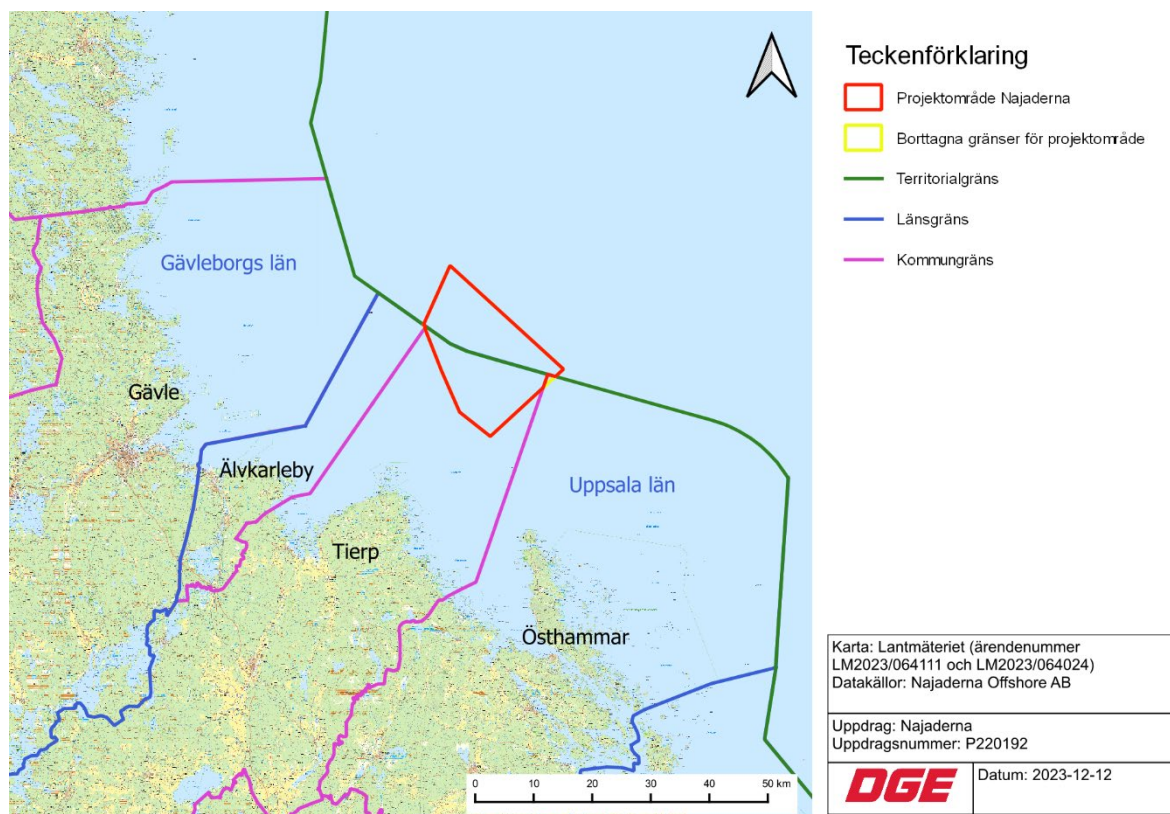
4.1 Underlag och metoder för beskrivning av rådande förhållanden

För att översiktligt beskriva rådande miljöförhållanden kring projektområdet för Najadernas vindkraftpark har digitalt underlagsmaterial inhämtats från myndigheter och kommuner. Detta berör främst planförhållanden, riksintressen, områdesskydd och miljökvalitetsnormer.

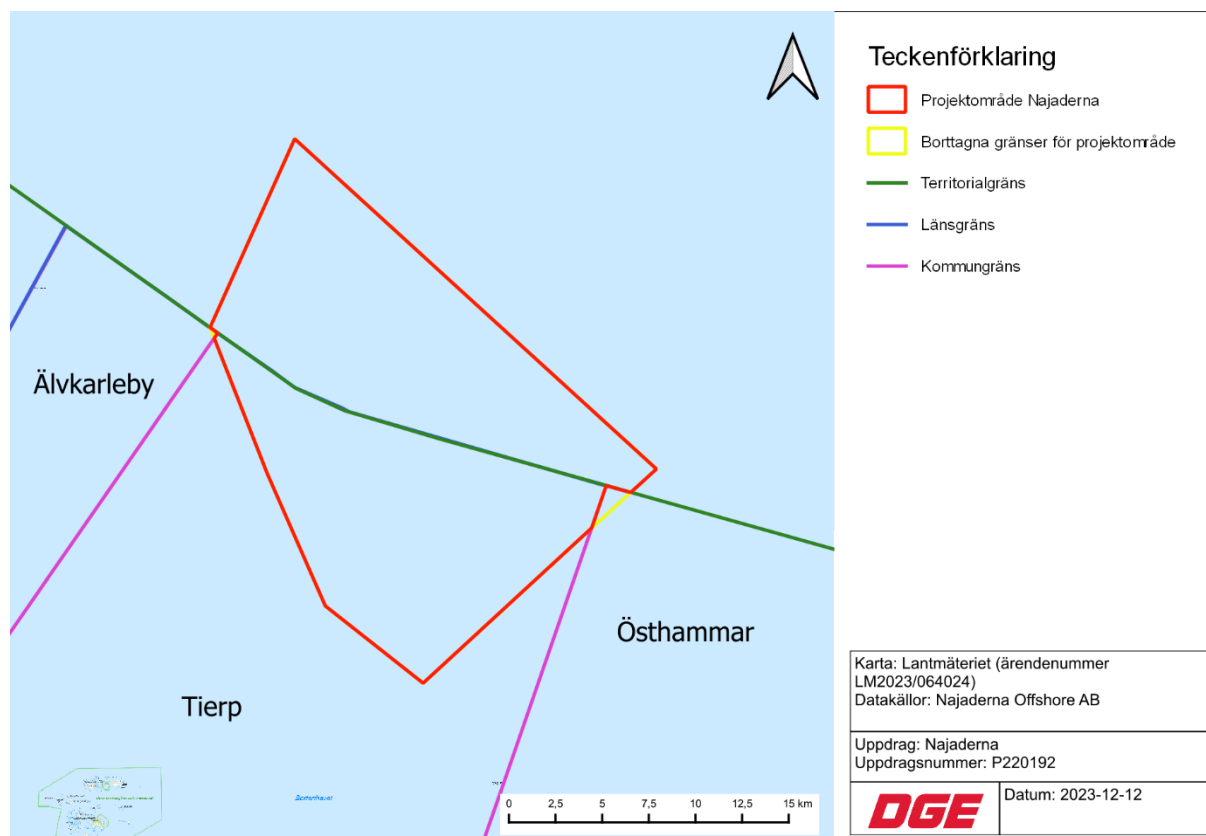
Najaderna Offshore har även beställt ett antal utredningar för att fördjupa kunskapsläget gällande miljöförhållandena i och kring det aktuella projektområdet, se Bilaga C.1. Urvalet av utredningar har baserats på erfarenhet från liknande prövningar och på samråd med berörda organisationer, kommuner och myndigheter. Metodbeskrivningar till respektive utredning återges i respektive rapport. De fullständiga rapporterna återfinns som bilagor till MKB:n.

4.2 Lokalisering

Projektområdet för vindkraftparken är cirka 350 km² stort och ligger som närmast 17 km utanför fastlandets kustlinje inom Tierps kommun, Uppsala län, och sträcker sig även ut i Sveriges ekonomiska zon (SEZ), se Figur 1. Vattendjupet i projektområdet är cirka 30–70 meter, se Figur 2 och Figur 3.



Figur 2. Översiktskarta över projektområdet för Najadernas vindkraftpark. Projektområdet är i sin helhet lokaliserat till Tierps kommun.



Figur 3. Detaljbild över projektområdets gränser. Projektområdet är i sin helhet lokaliserat till Tierps kommun.

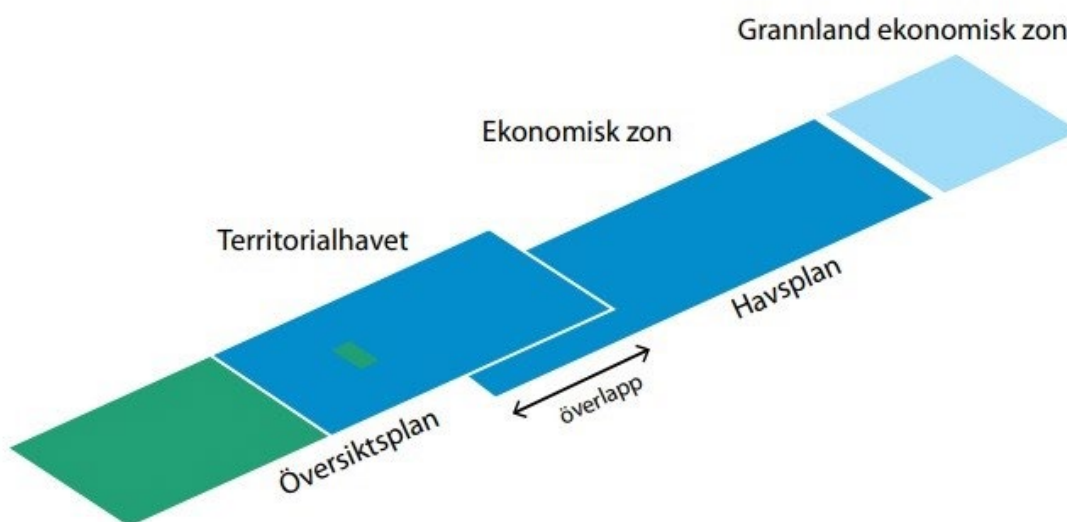
4.3 Planförhållanden

4.3.1 Havsplaner

Regeringen har i februari 2022 beslutat om havsplaner som ska vara vägledande för hur Sverige och Sveriges kommuner ska använda sina vatten. Havsplanerna ska också vara vägledande underlag vid tillståndsprövningar och andra ärenden enligt miljöbalken (1998:808).

Havsplanerna omfattar Sveriges ekonomiska zon och svenskt territorialhav med undantag för området innanför den så kallade baslinjen, cirka en sjömil från kusten. I territorialhavet, som sträcker sig maximalt 12 nautiska mil (cirka 22 km) från baslinjen delar svenska staten planeringsansvar med kommunerna. I den ekonomiska zonen har staten ensamt planeringsansvar. Se Figur 4 för illustration.

I områden som omfattas av en beslutad havsplan ska länsstyrelsens arbete grundas på havsplanen enligt 3 § förordningen (1998:896) om hushållning med mark- och vattenområden. Kommunen ska enligt plan- och bygglagen (2010:900) ta fram en översiktsplan för hela kommunen, inklusive territorialhavet. Havsplanerna ska vara vägledande för den kommunala planeringen.



Figur 4. Figuren illustrerar ansvarsfördelningen mellan stat och kommun inom havets olika administrativa gränser. Källa: Havs- och vattenmyndigheten 2022.

För havsplanerna har tio planeringsmål tagits fram som har varit styrande vid framtagandet av planerna:

Övergripande mål:

- Bidra till god havsmiljö och hållbar tillväxt

Skapa förutsättningar för:

- Regional utveckling, rekreation och bevarande av kulturvärden.
- Marin grön infrastruktur och främjande av ekosystemtjänster.
- Hållbar sjöfart.
- God tillgänglighet.
- Utvecklad energiöverföring och förnybar elproduktion i havet.
- Ett hållbart yrkesfiske.
- Försvar och säkerhet.

Skapa beredskap för:

- Framtida utvinning av mineraler och koldioxidlagring.
- Framtida etablering av hållbart vattenbruk.

4.3.2 Havsplaneområden

Det aktuella projektområdet för vindkraftparken ligger både inom Sveriges ekonomiska zon och territorialhavet i södra Bottenhavet och omfattas av havsplaneområde B140, se Tabell 1 och Figur 5.

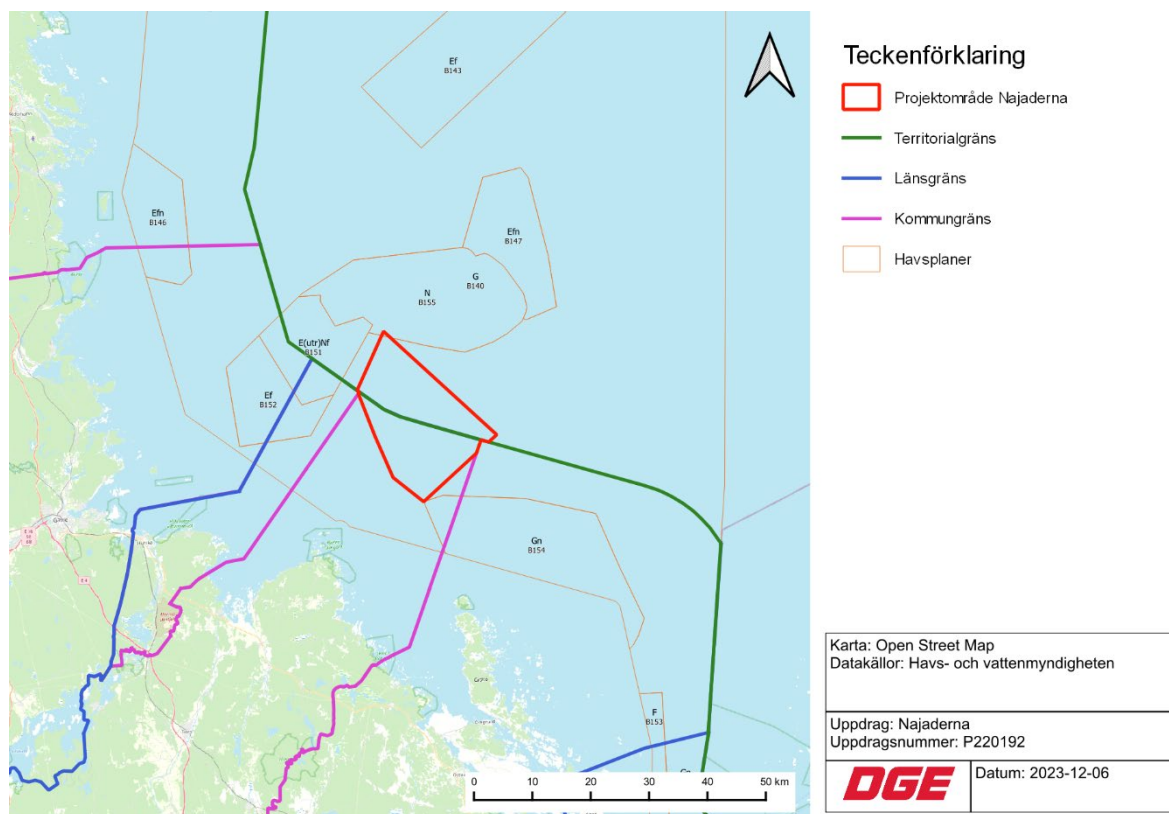
Havsplanen anger användning energiutvinning för flera områden i Södra Bottenhavet bland annat B152. Vindförhållanden, grundområden och närheten till bra anslutningspunkter gör förutsättningarna för energiutvinning gynnsamma i havsområdet. Ur nationell energisynpunkt är Gävlebukten ett strategiskt område för havsbaserad vindkraft. Generellt för södra Bottenhavet anges i planförslaget att särskild hänsyn ska tas till totalförsvarets intressen vid energiutbyggnad.

Havsplaneområde B140 sträcker sig över hela södra Bottenhavet, från Östhammars kommun i söder till Nordanstigs kommun i norr. Inom området har mindre havsplaneområden avgränsats B142–B155 utifrån särskild användning eller hänsyn.

För område B140 anges generell användning samt användning för sjöfart, yrkesfiske och elöverföring. I området löper flera farleder och i den södra delen finns två utpekade riksintressen för yrkesfisket. I området finns också två transmissionsnätskablar (Fennoscan) som går från området vid Forsmark samt Fågelsundet i Sverige över till Finland. Företräde skall ges åt riksintresse för totalförsvaret och sjöfarten inom vissa namngivna delar av området. Särskild hänsyn krävs för höga kulturmiljövärden, vilket här avser kulturhistoriska värdekärnor vid kusten i Hudiksvalls kommun.

Tabell 1. Havsplanens sammanställning av aktuellt delområde med kommentar.

Delområde	Användningar	Särskild hänsyn	Företräde eller särskild anpassning för samexistens	Motivering till företräde	Najaderna Offshores kommentar
B140	Generell användning Sjöfart Utredningsområde sjöfart Yrkesfiske Elöverföring	Höga kulturmiljövärden	Vid Campsgrund i söder ges försvaret företräde framför energiutvinning	Företräde ges åt riksintresseanspråk för totalförsvaret enligt 3 kap 10 § miljöbalken samt riksintresseanspråk för sjöfart framför den del av riksintresseanspråk för vindbruk som ligger i planområdet. Användningarna bedöms inte kunna samexistera.	Företräde för försvarsintressen och sjöfarten berör inte utredningsområde för vindkraftpark eller utredningskorridorer för elkablar.



Figur 5. Projektområde för Najaderna vindkraftpark samt havsplan med delområden. B140 täcker hela det visade vattenområdet med undantag för de preciserade delområdena.

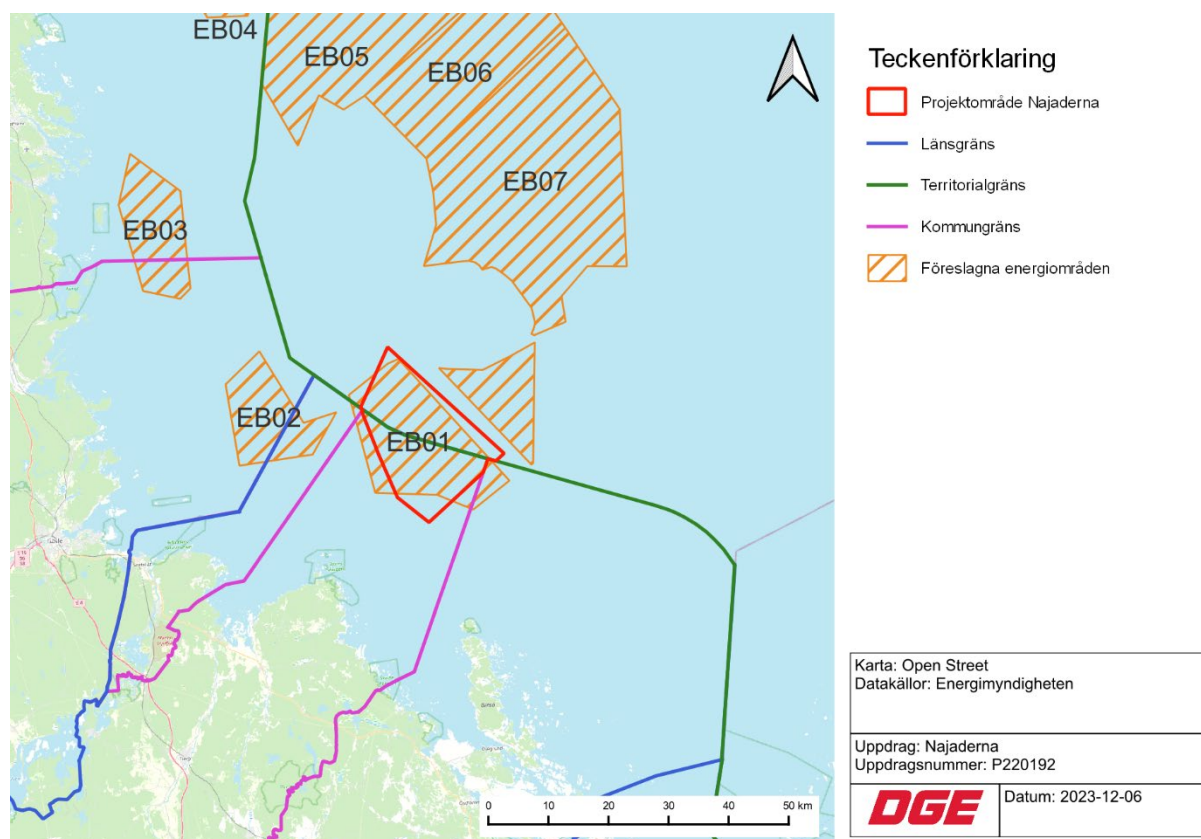
4.3.2.1 Uppdrag om nya områden för energiutvinning i havsplaner

Baserat på de beslutade havsplanerna bedöms utrymmet för havsbaserad vindkraftsutbyggnad endast nå storleksordningen 20–30 TWh i årlig elproduktion. För att nå de riksdagsbundna klimat- och energimålen krävs en ökad elproduktion av förnybar energi. Regeringen har därför beslutat att havsplanerna behöver uppdateras så att planerna möjliggör ytterligare 90 TWh årlig elproduktion från havsbaserad vindkraft. Regeringen har gett Energimyndigheten samordningsansvar för att, tillsammans med utvalda statliga myndigheter, peka ut nya områden som är lämpliga för energiutvinning samt identifiera behov av ändringar i redan utsedda områden. Havs- och vattenmyndigheten har inom ramen för uppdraget tagit fram förslag på nya havsplaner framför allt lokaliserade i Västerhavet och Östersjön samt pekat ut nya områden lämpade för energiutvinning. Förslag på nya havsplaner har samråtts under hösten 2023 (Energimyndigheten, 2023b).

Najadernas utvecklingsområde är beläget i Bottniska viken vilket enligt förslaget är ett område med generellt lägre intressekonflikter mellan natur, yrkesfiske, sjöfart och försvar. En problematik bedöms dock vara vintersjöfartens förutsättningar då vissa islagen ställer högre krav på flexibilitet. Vindförutsättningarna bedöms generellt som goda. Målbilden för Bottniska viken är att producera 30 TWh och förutsättningarna för att ansluta ny elproduktion från Bottniska viken i den storleksordningen bedöms vara goda. Det är även möjligt att ansluta direkt till stora befintliga och planerade elanvändare i elområdena 1, 2 och 3. Behovet

av elproduktion är för närvarande störst i elområde 3, men behovet bedöms öka stort även i elområde 1 och 2 med de planerade industrisatsningarna (Energimyndigheten, 2023b).

Bottniska viken är vidare uppdelad i tre delområden varav Najadernas projektområde är beläget inom Södra Bottenhavet. I det framtagna planförslaget framgår att Najadernas projektområde ligger inom ett av de nya utpekade energiområdena, se Figur 6. Generellt beskrivs Södra Bottenhavet som ett område med förhållandevis goda vindlägen som gör området intressant för energiutvinning. Möjligheterna till etablering av vindkraft inom olika delar av havsområdet bedöms generellt vara goda och många och stora ytor har därför pekats ut. Det finns dock motstående intressen, framför allt för kustnära områden. Mot bakgrund av omfattningen av ytor är det väldigt viktigt att beakta kumulativa effekter vid etablering av flera närliggande vindkraftparker (Energimyndigheten, 2023b).



Figur 6. Nya föreslagna utpekade energiområden.

4.3.3 Kommunal planer

Projektområdet för vindkraftparken ligger inom territorialhavet i Tierps kommun.

Tierps kommuns översiktsplan är antagen år 2011 och avser tidsperioden 2010–2030. Översiktsplanen och mark- och vattenanvändningskartan omfattar inte havsområden längre ut än 15 km från Hållnäs halvön och därmed inte aktuellt utredningsområde för den planerade vindkraftparken.

I planen anger kommunen att kusten och det inre havsområdet har mycket höga naturvärden, med stor betydelse för fåglar, som uppväxtområde för fiskar samt stor betydelse för rekreation och friluftsliv. Landområdena längs kusten är utpekade som resursområden för rekreation och natur och kultur, och vattenområdena som natur.

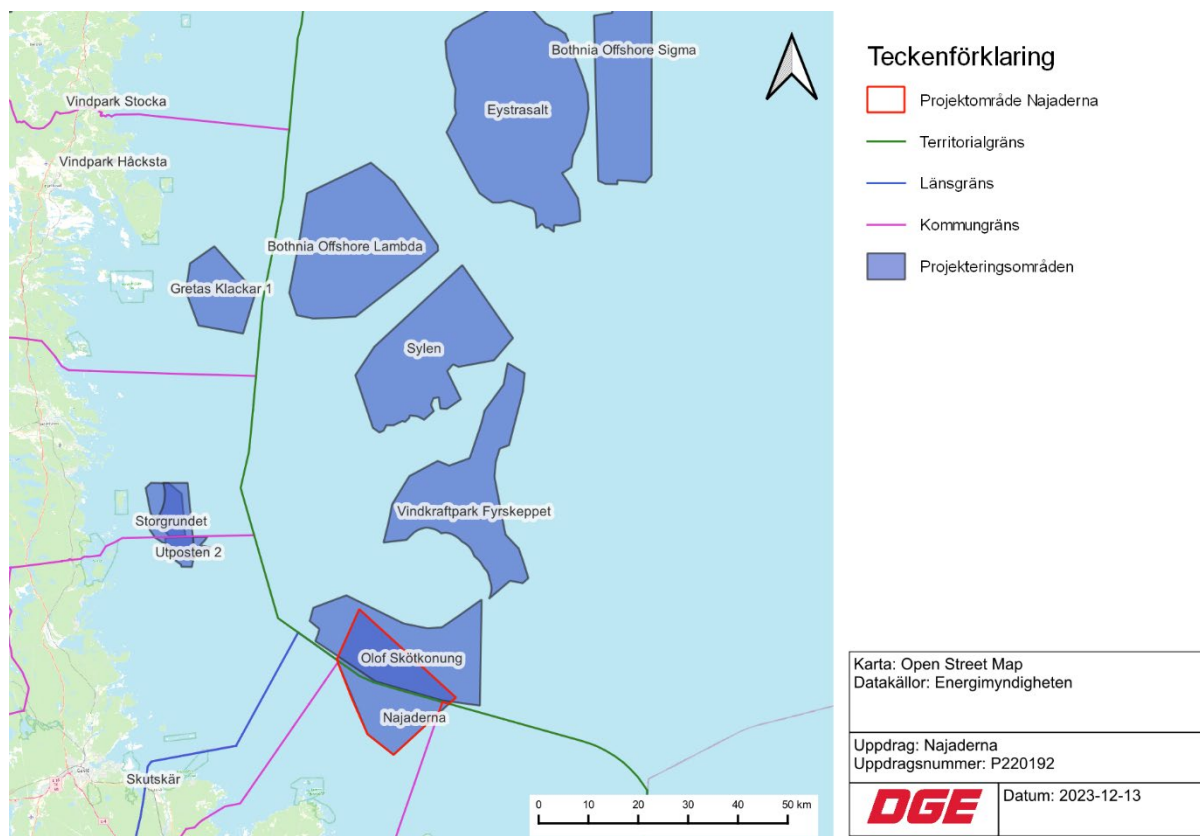
Fiske har traditionellt spelat en viktig roll för många invånare i området, först som binäring till jordbruket och senare som yrkesfiske. Den kommunala planeringen ska enligt översiktsplanen ta hänsyn till fisket som traditionell binäring längs kusten. Gällande de yttre havsområdena pekas riksintressen för yrkesfisket, vindbruk och sjöfarten ut. Inga intressen, värden eller rekommenderad användning för havsområdena i övrigt behandlas i kommunens översiktsplan.

Inom Tierps kommun finns däremot ett riksintresseområde för havsbaserade vindkraftsanläggningar, Campsgrund, cirka 5 km utanför Fågelsundet, vilket är i det direkta närområdet till projektområdet för Najaderna. Inom området är det inte tillåtet att vidta åtgärder som försvårar anläggande av vindkraftverk innan utredning om vindkraft gjorts, detta kan dock stå i konflikt med vad som står i havsplanerna, se avsnitt 4.3.1. Kommunen är positivt inställd till utveckling av nya typer av vindkraftverk med mindre konflikter med andra intressen. På Hållnäshalvön, längs Tierps kommuns kuststräcka, anses det däremot vara för stora konflikter mellan landbaserad storskalig vindkraftsetablering och höga kultur- och naturvärden.

Arbetet med en ny översiktsplan påbörjades år 2018. Inget planförslag finns ännu presenterat, men vägledande visioner i det kommunala planarbetet är bland annat att Tierps kommun ska vara en föregångare i omställningen till ett hållbart samhälle.

4.4 Närliggande verksamheter och projekt

I Figur 7 och Tabell 2 redovisas de närliggande vindkraftprojekt som bedöms relevanta för Najaderna vindkraftpark. I urvalet har tillståndsgivna projekt samt projekt där ansökan har skickats in inkluderats. Olof Skötkonung har inkluderats eftersom det delvis överlappar med Najaderna vindkraftpark.



Figur 7. Najaderna vindkraftpark och närliggande relevanta vindkraftprojekt.

Tabell 2. Närmast liggande relevanta vindkraftprojekt.

Projekt	Verksamhetsutövare	Projektets status	Avstånd till Najaderna (km)
Fyrskeppet	Fyrskeppet Offshore AB	Ansökan inskickad	Cirka 15
Storgrundet	Storgrundet Offshore AB	Tillståndsgiven	Cirka 38
Eystrasalt	Skyborn Renewables Sweden AB	Ansökan inskickad	Cirka 84
Olof Skötkonung	Deep Wind Offshore DWO Sverige AB	Under utveckling	Överlappar delvis med Najaderna

4.5 Riksintressen

Det finns fyra riksintresseområden för havsbaserade vindkraftsanläggningar i projektområdets närhet: Finngrundet (Östra och Västra banken), Campsgrund samt Storgrundet. Finngrundet tillhör landets högst rangordnade utbyggnadsområden vid planering av storskaliga vindkraftparker. Samtliga av dessa områden ligger i områden med ett djup om maximalt cirka 30 meter. Teknikutvecklingen inom havsbaserad vindkraft har gått framåt och det är nu

tekniskt och ekonomiskt möjligt att bygga vindkraft även på djupare vatten. Forsmark kärnkraftverk är ett riksintresseområde för energiproduktion och för framtida slutförvaring av kärnavfall enligt 3 kap 8 § miljöbalken.

Projektområdet gränsar till samt delvis överlappar två riksintressen för sjöfarten enligt 3 kap 8 § miljöbalken. Detta gäller Grundkallen–Söderhamn/Hudiksvall i nordöst samt Grundkallen–Gävle i söder. Närmsta hamnar av riksintresse utgör Forsmark och Gävle hamn. Längre norr ut återfinns även två riksintressehamnar i Söderhamn.

I norr angränsar projektområdet till utpekad riksintresse för yrkesfisket enligt 3 kap 5 § miljöbalken, vilket sträcker sig mellan Finngrundens bankar. Ytterligare norr om bankarna återfinns riksintresset Finngrunden V och öster om projektområdet (cirka 3,5 km) återfinns Finngrunden O. Även kustzonen i Uppsala och Gävleborgs län är i stora delar utpekad som riksintresse för yrkesfisket. Tre hamnar i Gävlebukten är utpekade som riksintresse för yrkesfisket: Bönan, Utvalnäs och Engesberg.

Längs kusterna i projektområdets närhet finns flertalet riksintressen för naturvården enligt 3 kap 6 § miljöbalken. Närmsta område, Björns skärgård, ligger cirka 13 km från projektområdet.

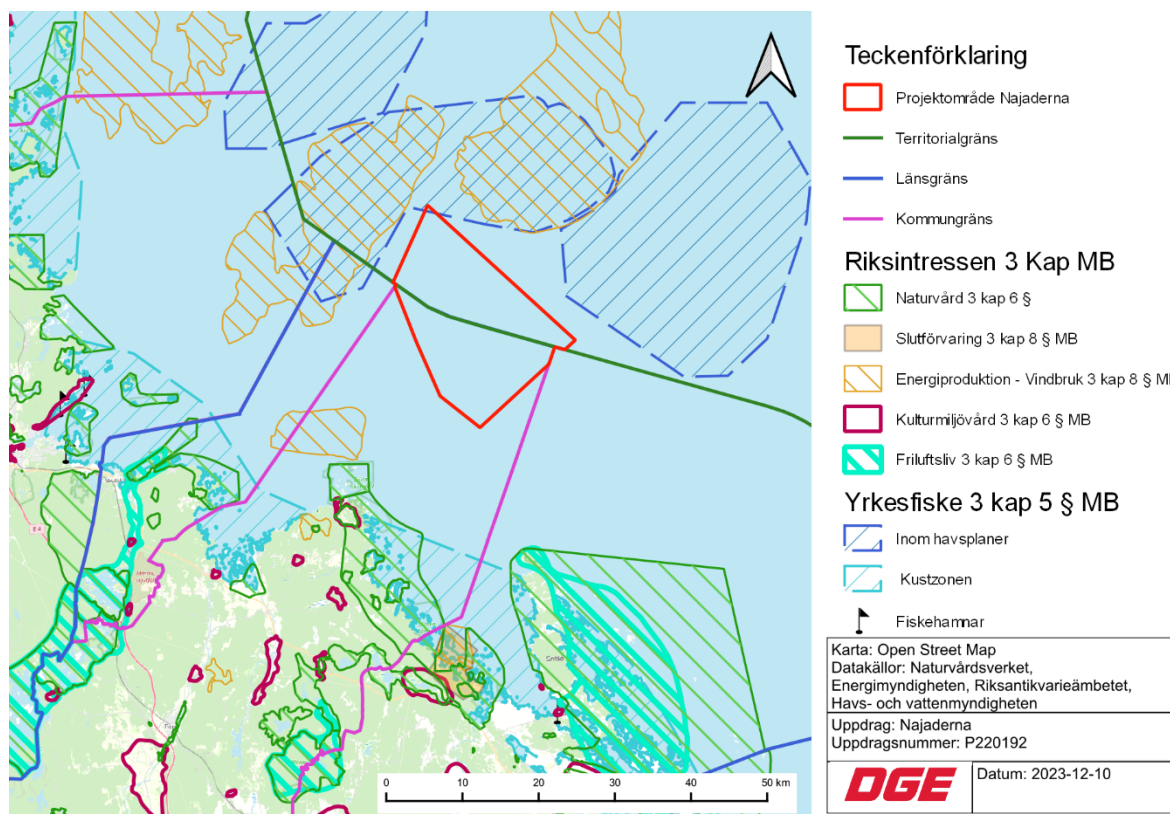
Skutskär ligger vid Dalälvens mynning. Dalälven utgör riksintresse för friluftslivet enligt 3 kap 6 § miljöbalken och det rörliga friluftslivet enligt 4 kap 2 § miljöbalken. Gräsö östra skärgård är också utpekad som riksintresse för friluftsliv.

I det omgivande landskapet återfinns ett antal områden utpekade för kulturmiljövården enligt 3 kap 6 § miljöbalken. Elva av dessa beskrivs närmare i avsnitt 4.8.3.

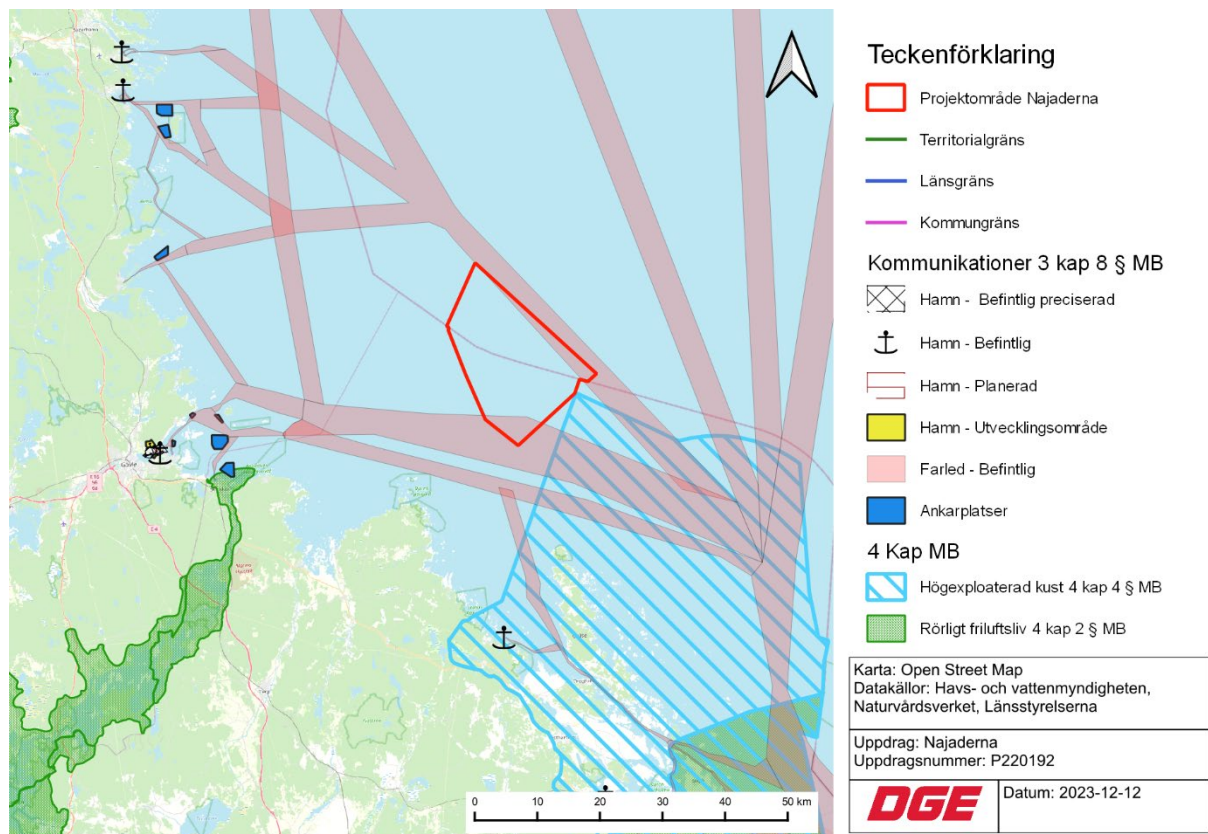
Sydost om projektområdet finns ett område utpekad som riksintresse för högexploaterad kust enligt 4 kap 4 § miljöbalken. Området sträcker sig från Arkösund i Östergötland till Forsmark och Örskär i Uppsala län.

Projektområdet berör inga kända riksintressen för totalförsvaret enligt 3 kap 9 § miljöbalken. Enligt uppgift i den kommunala översiktsplanen för Tierps kommun förekommer det dock sådana riksintressen i kommunernas havsområden. Dessa omfattas emellertid av sekretess och redovisas inte i översiktsplanen. Enligt den statliga havsplanen framgår dock att Campsgrund beläget på gränsen mellan de båda kommunerna är ett riksintresse för totalförsvaret. Se även avsnitt 4.3.1.

För illustration av samtliga riksintressen utöver totalförsvaret se Figur 8 och Figur 9.



Figur 8. Projektområdet för vindkraftpark samt rikssintressen enligt 3 kap miljöbalken, exklusive rikssintressen för totalförsvaret.



Figur 9. Projektområdet för vindkraftpark samt riksintressen enligt 3 och 4 kap miljöbalken, exklusive riksintressen för totalförsvaret.

4.6 Skyddade områden

Inom projektområdet för vindkraftparken förekommer inga skyddade områden enligt 7 kap miljöbalken.

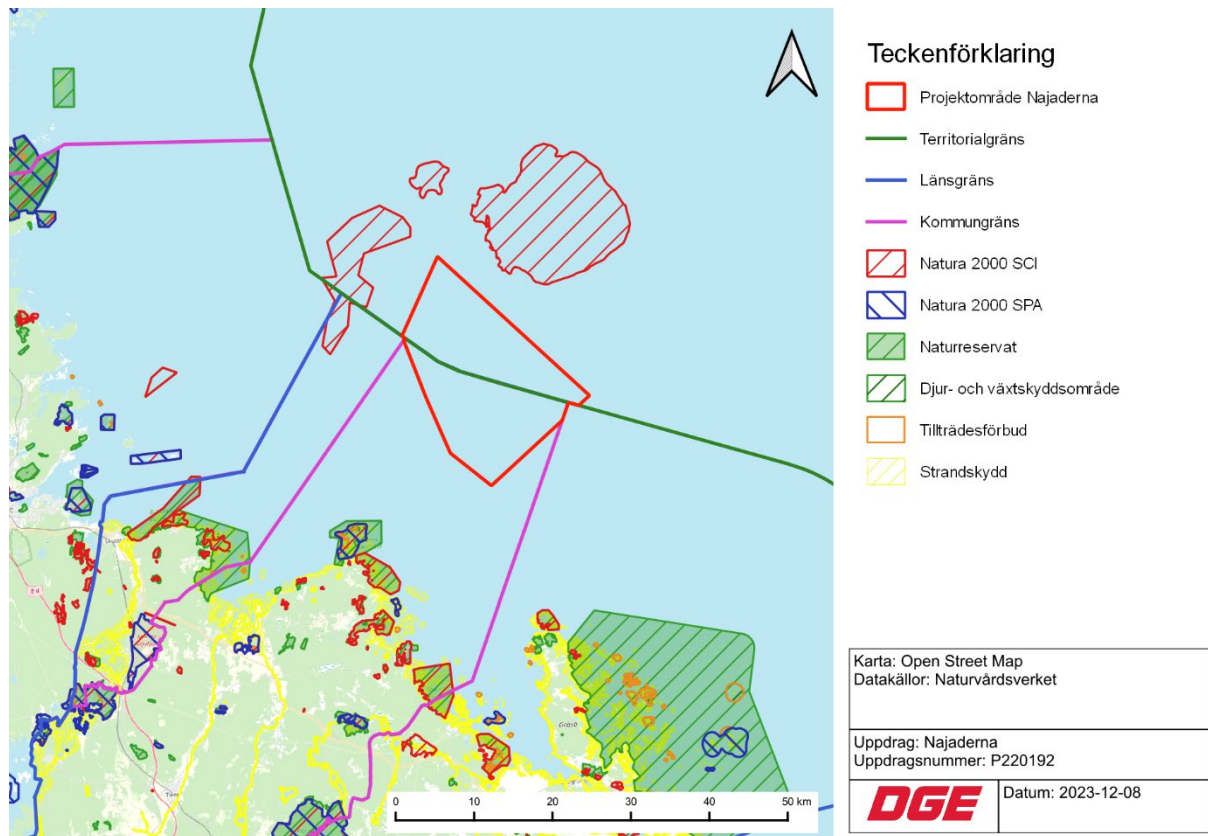
Drygt 4 km norr, nordväst respektive nordost om projektområdet för vindkraftparken ligger Finngrundets norra, västra och östra bankar som är utpekade Natura 2000-områden enligt art- och habitatdirektivet. Finngrundet är en utsjöbank med mindre än 10 meters djup och med marina och opåverkade förhållanden, representativ för Södra Bottenhavet. I områdena finns stora områden med grunda hårbottenar som ger bra förutsättningar för makroalger och andra hårbottenarter. För närmare beskrivning av dessa områden, se Bilaga C.5 och Bilaga C.6.

Längre väster ut i de marina miljöerna förekommer ytterligare Natura 2000-områden, Lövgrund rabbar, Eggegrund och Gråsjälsådan, Vitgrund-Norrskär, Limön, och Billudden.

Längs kusten och på land återfinns ett antal skyddade områden i form av naturreservat och Natura 2000-områden, av vilka många överlappar varandra. En del områden innefattas även av fågelskyddsområden med tillhörande periodvisa tillträdesförbud. Några exempel på områden är Björns skärgård (som ligger närmst från projektområdet, cirka 13 km), Billudden, Orarna, Skaten-Rångsen och Gräsö östra skärgård.

Längs stora delar av kusterna gäller även generellt strandskydd om 100 meter från strandlinjen vid normalt medelvattenstånd. Vid Skutskär gäller utvidgat strandskydd på 300 meter.

De olika skyddade områdena redovisas i Figur 10.



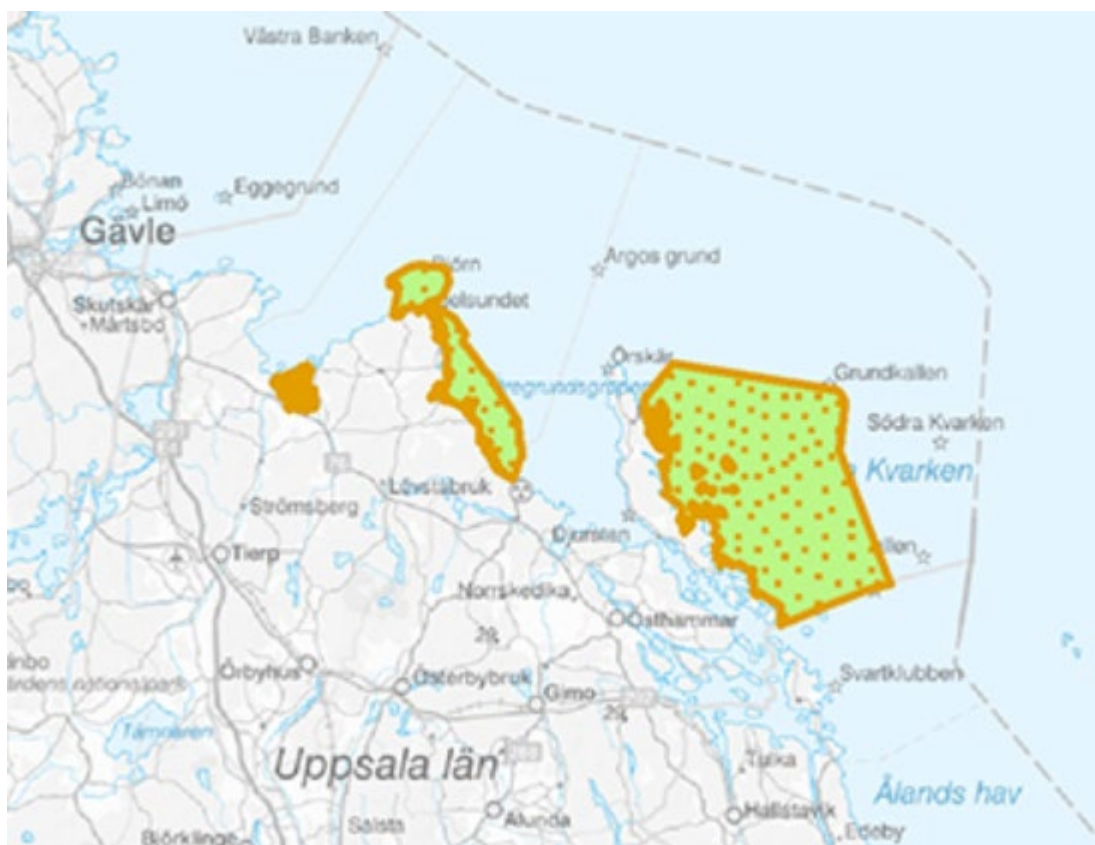
Figur 10. Projektområdet för vindkraftpark samt områdesskydd enligt 7 kap miljöbalken. SPA och SCI är de engelska förkortningarna av Fågeldirektivet respektive Habitatdirektivet.

4.6.1 Utpekande av nya marina Natura 2000-områden i marin miljö

En majoritet av Sveriges länsstyrelser, vilka har havskust inom sina län, fick under sommaren 2021 i uppdrag att lämna förslag till nya marina Natura 2000-områden enligt fågeldirektivet, och kompletteringar i redan utpekade områden. Uppdraget delades ut av Naturvårdsverket för att åtgärda brister i nätverket Natura 2000 (Naturvårdsverket, 2023a).

Under sommaren 2023 skickade Naturvårdsverket in en hemställan till regeringen med förslag på nya och utvidgade skyddsområden.

I hemställan framkommer att tre områden i Najadernas närområde återfinns i förslaget. Dessa är Yttre Lövsbukten–Björns skärgård, Ledskär–Karlholmsviken och Gräsö östra skärgård, se Figur 11.



Figur 11. Förslag till nya och utökade Natura 2000-områden (Källa: Naturvårdsverket, 2023b).

4.7 Värdeetrakter

Sveriges länsstyrelser har utifrån ett regeringsuppdrag från 2015 tagit fram värdeetrakterna utifrån befintlig kunskap om länets naturvärden. Värdeetrakter är en av grundstenarna i länsstyrelsens arbete med grön infrastruktur. En värdeetrakt är ett landskapsavsnitt med särskilt höga ekologiska bevarandevärden och som har en särskilt hög täthet av värdekärnor (sammanhängande naturområde som har höga naturvärden med avseende på befintligt naturtillstånd) för djur- och växtliv, inklusive biologiskt viktiga strukturer, funktioner och processer jämfört med vad som finns i omgivande landskap. Värdeetrakter beskrivs för naturtyperna kust och hav, sjöar och vattendrag, våtmarker, odlingslandskapet samt skog och de ska utgöra underlag för prioritering av insatser i jord- och skogsbruk, naturvårdsinsatser samt fungera som underlag vid prövning och planering. Beslutade regionala värdeetrakter publiceras bland annat i den nationella karttjänsten ”Nationella kartskikt med värdeetrakter” (Länsstyrelserna, 2023). Länsstyrelserna i Uppsala och Gävleborgs län har ännu inte publicerat värdeetrakter för kust och hav som visas i denna karttjänst.

Länsstyrelsen i Uppsala län har däremot tagit fram en regional handlingsplan för grön infrastruktur som lämnades till regeringen 2018 där man identifierat värdeetrakter för hav och kust. Projektområdet för vindkraftparken berör inte någon utpekad värdeetrakt inom länet.

4.8 Landskap

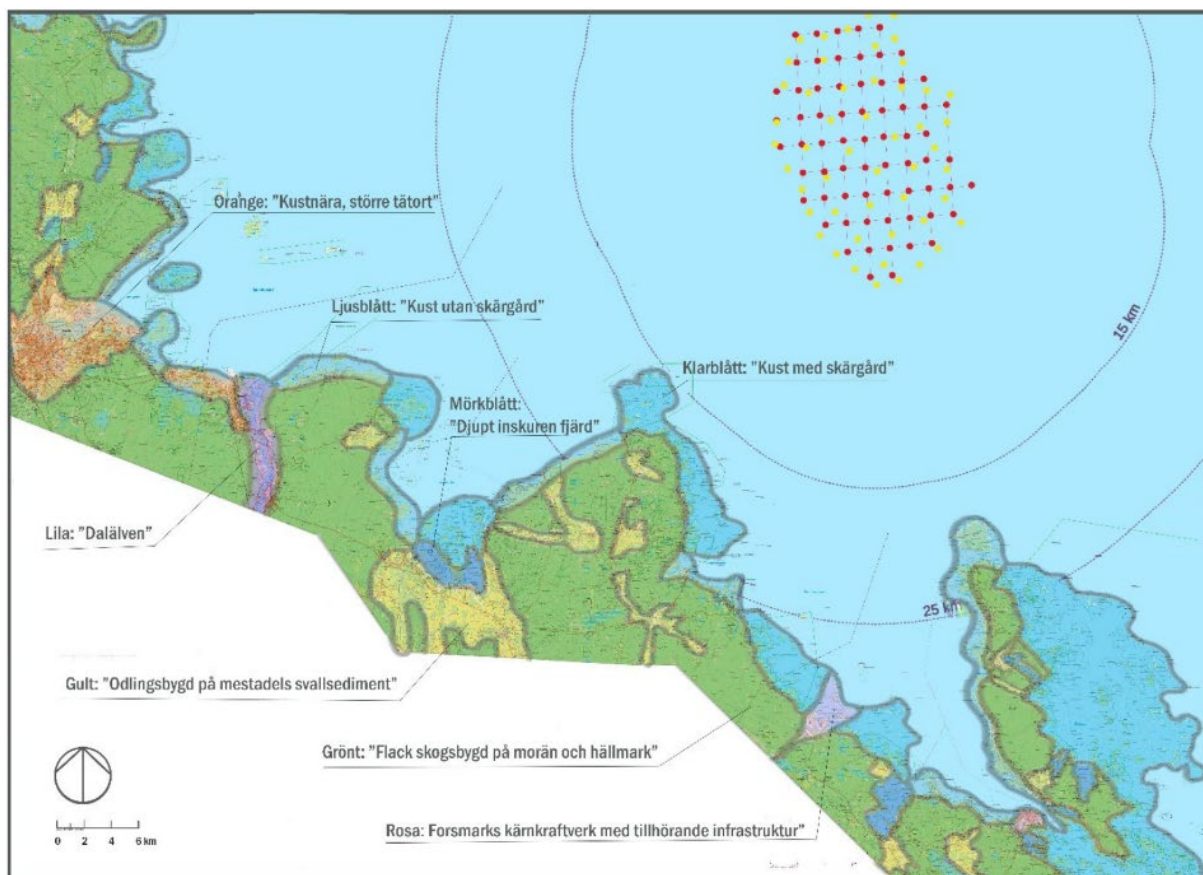
Folkesson Landskapsarkitektur har genomfört en landskapsbildsanalys av landskapets karaktär och visuella värden i Najadernas projektområdes omgivning, se Bilaga C.2.

Utredningen utgår från definitionen av ett landskap som *ett område som det upplevs av människor och vars karaktär är resultatet av påverkan av och samspel mellan naturliga och/eller mänskliga faktorer*.

4.8.1 Karaktär

Nordiska ministerrådet har delat in Norden i olika naturgeografiska regioner. Det aktuella området runt Najadernas projektområde ingår i regionen ”Östersjökusten med skärgårdar samt Åland” och omfattar skärgården och kustnära delar. Landskapstypen kan beskrivas som ett kuperat sprickdalslandskap med hällmarkstallskog, kal ytterskärgård och steniga stränder. Inåt land vidtar regionen ”Skogslandskapet omedelbart söder om norrlandsgränsen”, vilket i korta drag kan beskrivas som ett flackt område som är skogsdominerat men som också rymmer en del uppodlade slättområden samt vissa inslag av sprickdalar.

Utifrån genomförd landskapsinventering har Folkesson Landskapsarkitektur identifierat åtta olika landskapskaraktärer för att beskriva det studerade området. Landskapskaraktärernas utbredning visualiseras i Figur 12. För fullständiga karaktärsbeskrivningar, se Bilaga C.2.



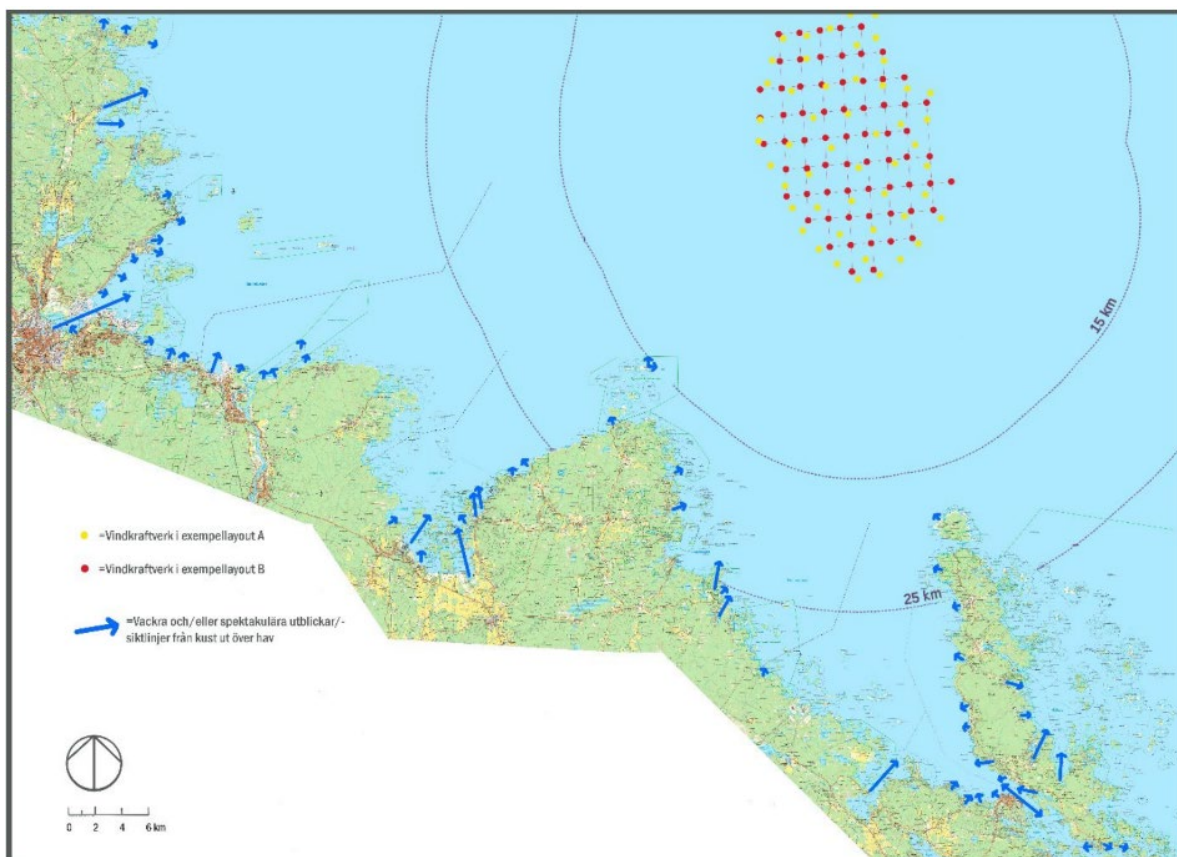
Figur 12. Redovisning av de åtta landskapskaraktärerna som i det studerade området (källa: Bilaga C.2).

4.8.2 Landmärken och siktlängder

Landmärken kan definieras som landskapselement som på ett signifikant sätt är synliga och visuellt signalerar sig över stora områden. Dessa fungerar ofta som orienterande referenspunkter i ett landskap. Historiska landmärken i det studerade området som framgår av Figur 12 utgörs främst av fyrar så som Bönans fyr, Björns fyr, Djurstens fyr och Örskärs fyr. I övrigt är det studerade området tämligen fattigt på landmärken, vilket delvis beror på den låga topografin och delvis på landskapets låga exploateringsgrad. Höga industribyggnader återfinns bland annat genom Forsmarks kärnkraftsanläggning, Billeruds fabrikskomplex i Gävle och Stora Ensos massafabrik i Skutskär. Vid massafabriken återfinns även fem vindkraftverk ute i hamnen.

Siktlängderna i det studerade området är generellt sett små inifrån landet på grund av den ofta skogbeklädd terrängen. Längs kusten är siktlängderna naturligt längre. Skärgårdsområdena har generellt mer begränsade siktförhållande än de öppna kuststräckorna. Längs fastlandskusten finns många platser med vackra utblickar och från de flesta öar finns utblickar i en eller flera riktningar.

Figur 13 visualiserar punkter varifrån man har vyer av mer iögonfallande karaktär över Östersjön från allmänna platser, längs allmänna vägar eller där det finns större mängder av bostadshus. Längre pilar indikerar att landskapets rumslighet skapar tydliga siktlinjer.



Figur 13. Punkter med vyer med iögonfallande utblickar. Längre pilar indikerar att landskapets rumslighet skapar tydliga siktlinjer (Bilaga C.2).

4.8.3 Kulturmiljövärden

Inom det studerade området finns elva riksintresseområden för kulturmiljö (3 kap 6 § miljöbalken). Dessa summeras i Tabell 3 nedan och framgår på karta i Figur 8.

Tabell 3. Riksintresseområden för kulturmiljö enligt 3 kap 6 § miljöbalken inom landskapsbildsanalysens studerade område.

Riksintresseområde	Motivering
C1 Älvkarlebyfallen	Kombinerad kommunikations-, kraftverks- och militär miljö vid en strid forssträckning av Dalälven med anläggningar från i huvudsak 1800-talet och början av 1900-talet. (Turistanläggning).
C3 Karlholms bruk	Arkitektur- och teknikhistoriskt intressant bruksmiljö med genomförd idealplan av vallonsbrukskaraktär och enhetlig bebyggelse från 1720-talet och framåt samt intakt lancashiresmedja från 1880-talet.
C4 Lingnåre	Unikt odlingslandskap i småbruten och stenrik randbygd där förändringar av bebyggelse och odling under yngre järnålder och medeltid framträder i landskapet. (Fornlämningsmiljö).
C6 Hållens by och Fågelsundets fiskehamn	Småbrutet odlingslandskap i vikingatida kolonisationsbygd med delvis bevarad medeltida åkerstruktur samt bymiljö med klungbykaraktär och Upplands största fiskehamn med lämningar av hamnlägen från medeltid och framåt. (Fornlämningsmiljö).
C7 Barknåre och Böle	Småbrutet odlingslandskap i vikingatida kolonisationsbygd med unikt bevarad närmast medeltida åkerstruktur samt byar och ensamgårdar. (Fornlämningsmiljö, Bymiljö).
C15 Forsmarks bruk	Arkitekturhistoriskt intressant och mycket påkostad bruksmiljö från 1700- och 1800-talen med enhetlig bebyggelse av vallonsbrukskaraktär samt unik engelsk parkanläggning.
C16 Djursten	Kommunikationsmiljö med teknikhistoriskt intressant fyrplats.
C17 Öregrunds stad	Småstadsmiljö präglad av handel och fiske samt av tidig turism med hamnbebyggelse, småskalig träbebyggelse och sommarvillor. (Kust- och skärgårdsstad).
K800 Gävle stad	Norrlands viktigaste handels- och sjöfartsstad med en stadsmiljö präglad av olika århundradens näringar
K802 Norrlandet–Utvalsnäs	Rekreativ miljö med parklandskap och stora sommarvillor från 1800-talets senare del samt fiskehamn.
K801 Strömsbro	Vattenkraftbaserad industrimiljö med fabriksbyggnader och arbetarbostäder från flera århundraden.

4.8.4 Nyttjandevärden

Den arealmässigt dominerande markanvändningen i det studerade området är skogsbruk. Marken används också i stor utsträckning till jordbruk. Vissa inslag av betesmark för mjölk- och köttjur förekommer. Arbetsplatser är huvudsakligen lokaliserade till de större orterna.

Trakten har ganska få industriella inslag, och de allra flesta är lokaliserade till de större tätorterna. Ett påtagligt undantag är Forsmarks kärnkraftsanläggning.

Det aktuella landskapet är i stora delar av intresse för friluftslivet, men störst betydelse har kustzonen och skärgården. Det är också här man finner de allra flesta näringsverksamheter som är knutna till friluftslivet och turismen, såsom exempelvis campingplatser och kajakuthyrning. Kusten och skärgården har välbevarade naturvärden och är därför populära besöksmål och viktiga ur både frilufts- och turistnäringsynpunkt. Den begränsade bebyggelsen, de orörda stränderna och den varierande och mångfacetterade kusten med höga naturvärden och vissa kulturvärden, möjligheter till fiske, bad, skridskoåkning, kanot- och båtliv gör kusten värdefull ur ett flertal användarperspektiv.

Inom det studerade området har ett antal platser/företeelser i friluftssammanhang identifierats som mer tillgängliga och/eller välbesökta än andra. Platserna består främst av naturreservat, vandringsleder, campingar och badplatser. Se Bilaga C.2 för detaljerad lista över identifierade platser/företeelser.

Inom det studerade området finns även två områden av riksintresse för friluftslivet enligt 3 kap 6 § miljöbalken, *FC 01 Nedre Dalälven och Billudden* samt *FC 05 Öregrunds–Gräsö Skärgård*. Båda områdena är utpekade för särskilt goda förutsättningar för berikande upplevelser i natur- och kulturmiljöer, friluftsaktiviteter och därmed berikande upplevelser samt vattenknutna friluftsaktiviteter och därmed berikande upplevelser.

Ur turistnäringsynpunkt finns även en hel del värden i det studerade området. Av ett mer generellt turistiskt intresse är, den till stor del opåverkade, naturen. Med långa obebyggda kuststräckor, orörda stränder utan högt besöksstryck samt en kust/skärgård med många naturreservat, goda möjligheter till fiske, bad, kanot- och båtliv så har det studerade området stor turistisk potential. I Bilaga C.2 återges en lista med platser av större betydelse för turismen.

4.8.5 Boendemiljö

Traktens boendemiljöer är i hög grad förlagda till större eller medelstora tätorter såsom Gävle, Skutskär, Karlholm och Öregrund, medan landskapet däremellan är relativt glesbefolkat. Det finns dock några partier längs kustzonen med ganska betydande mängd bebyggelse, vilka har uppstått som sommarhusområden, och därför har en mer utspridd, gles struktur. Några exempel på detta återfinns längs Norrlandets kust, i Långsand, Fagerviken, Storsand och i Stenskär. Men kusterna däremellan är i långa sträckor påfallande oexploaterade.

Det är få öar inom det studerade området som har någon mer omfattande bebyggelse. De flesta öar har på sin höjd något eller ett par fritidshus och/eller en äldre gård, medan de allra flesta helt saknar bebyggelse. Attraktiviteten hos det studerade området ur ett boendeperspektiv borde i hög grad bottna i närheten till havet och kustzonen samt till den i stora delar opåverkade naturen.

Den finflikiga kustlinjen ger möjlighet till havsutblickar för många fastigheter.

4.9 Marinarkeologi

Vrak – Museum of Wrecks, en del av Statens maritima och transporthistoriska museer (fortsättningsvis Vrak) har utfört en skrivbordsbaserad marinarkeologisk förstudie inom projektområdet (Vrak, 2023).

Vrak har genom att analysera och sammanställa uppgifter i kulturmiljöregistret (KMR), förlisningsregistret Skandinaviskt vrakarkiv (SVA), sportdykarregister (Wrecksite), uppgifter från sportfiskare, sjökort, historiska kartor samt arkeologiska rapporter och litteratur, kartlagt kända/möjliga fornlämningar liksom sannolikheten för förekomst av oregistrerade fartygslämningar i projektområdet.

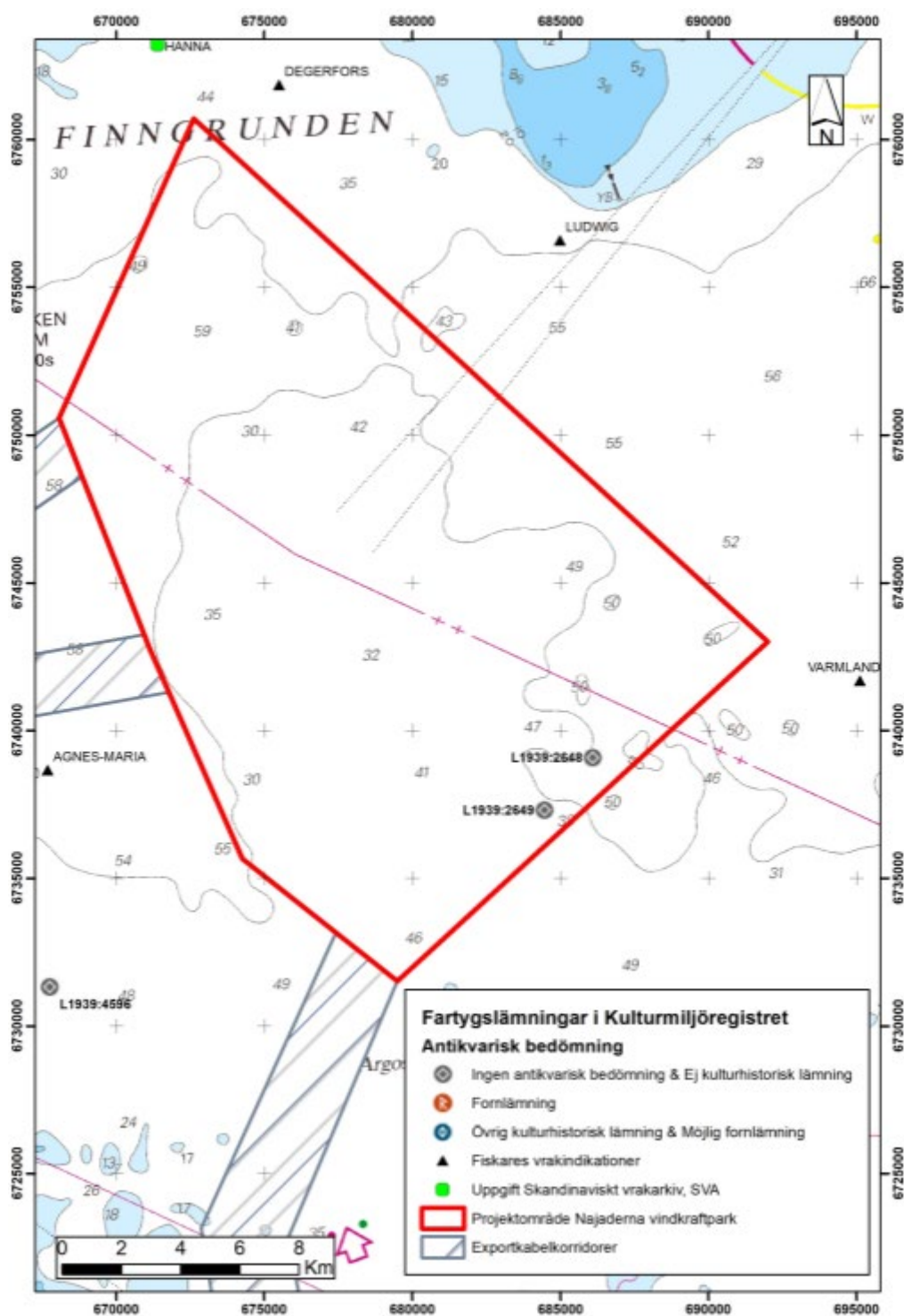
Gränsen i kulturmiljölagen (KML) för när en lämning automatiskt blir fornlämning är idag satt till år 1850 eller tidigare som förlisningsår. Länsstyrelsen har dock möjlighet att ge yngre fartygslämningar av högt kulturhistoriskt värde ett lagskydd. Således kan Länsstyrelsen enligt 2 kap 1 a § KML besluta om fornminnesförklaring av yngre lämningar, som bedöms ha ett högt kulturhistoriskt värde.

4.9.1 Resultat

Utöver två fartygslämningar registrerade i KMR (L1939:2649 och L139:2648), se Figur 14, finns inga andra uppgifter om skeppsvrak inom projektområdet. Vrak har dock ingen vetskap om hur stora delar av detta område som har sjömätts och med vilken kvalitet.

De två registrerade fartygslämningarna är stora och bedöms ha en bra noggrannhet i positioneringen. L1939:2649 är troligen ett ångfartyg/segelfartyg från 1800-talet eller en bit in på 1900-talet och L139:2648 skulle kunna vara förlist före 1850. Utöver de två registrerade lämningarna finns förlisningsuppgifter om fartygen *Ludwig* och *Wermland*.

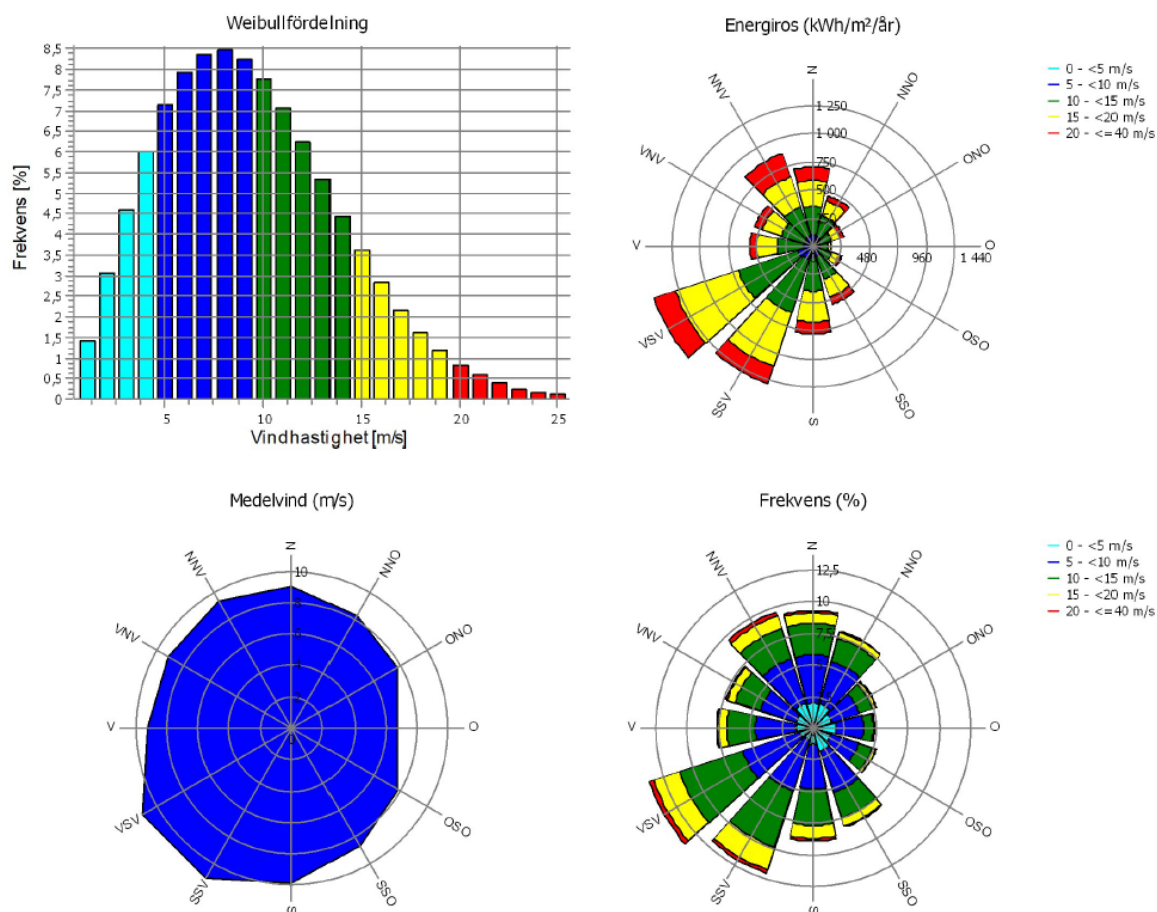
Positionsuppgifterna är obekräftade och osäkra och det kan inte uteslutas att de ligger inom det planerade projektområdet, liksom andra fartyg som omfattas av förlisningsuppgifter för närområdet.



Figur 14. Registrerade lämningar i Kulturmiljöregistret (KMR) i projektområdet med omnejd (källa: Vrak, 2023).

4.10 Vindförhållanden

Vindförhållandena i området för den planerade vindkraftparken är mycket goda med en medelvind på 9,3 m/s på 150 meters höjd enligt uppgifter från vädermodellen WRF (Weather Research and Forecasting). Den förhärskande vindriktningen är sydsydväst till västsydväst, se Figur 15 för illustration. Inför fastställande av slutliga vindkraftverkspositioner kommer vindresurserna mätas i området för den planerade vindkraftparken med hjälp av en mätmast eller flytande vindmätningstrustning.



Figur 15. Vinddataanalys för projektområdet (källa: Najaderna Offshore).

4.11 Hydrografi

I Bilaga C.3, framtagen av AFRY, redovisas nuläget gällande salinitet, temperatur och syrehalt i projektområdets närhet. Data har inhämtats från SMHI och från provtagningspunkter som ligger i eller i närheten av projektområdet.

4.11.1 Salinitet, temperatur och syrgashalt

Data som inhämtats under åren 2006–2022 visar att saliniteten ligger mellan 5–6 psu över hela året. Under de flesta månader är salthalten endast 0,5 psu lägre vid ytan än vid botten.

Under höstmånaderna är ofta saliniteter konstanta mellan ytan och cirka 20 meters djup vilket indikerar en ökad omblandning av ytskiktet. Denna omblandning är vanligt förekommande under höst och vinter när ytvattentemperaturen sjunker och vindstyrkorna är högre än på sommaren.

Data gällande temperatur, inhämtad från samma tidsperiod som ovan, visar att ytvattentemperaturen varierar mycket över året, från 1–2 °C i februari och mars till i medeltal cirka 17 °C i augusti. I augusti framträder ett tydligt temperatursprångskikt på 10–40 meters djup som bryts upp under hösten. Temperaturen i den underliggande vattenmassan (under temperatursprångskiktet i bottenlagret) var i mätningarna aldrig högre än 5 °C. I oktober var vattnet oftast väl omblandat ner till minst 20 meters djup och i december oftast något djupare.

Halterna av löst syrgas ligger under året inom 6–9 ml/l. Högst syrgashalt fanns i ytvattnet under vintern, vilket är direkt kopplat till vattentemperaturen eftersom vattentemperaturen bestämmer mättnadsgraden och ytvattnet var kallast under vintermånaderna. I augusti var syrgashalten som högst på cirka 40 meters djup. Närmare botten var syrgashalten oftast lägre och lägst i augusti och oktober.

Sammanfattningsvis indikerar uppmätta syrgashalter att det inte råder syrebrist på något djup i projektområdet.

4.11.2 Strömmar

Medelströmhastigheten nära botten inom projektområdet år 2022 var 7 cm/s i februari och 5 cm/s i augusti. Det är inte ovanligt att strömhastighet och strömriktning uppvisar stora gradienter i djupled vid vissa djup inom området. I februarimånaden var gradienterna störst på djup mellan 20–30 meter medan gradienterna i augustimånaden oftast var störst på djup omkring 20 meter. Under augusti ändrade strömmen dessutom ofta riktning cirka två gånger per dag och det var vanligt att strömriktningen i övre och undre lager är motriktade varandra.

4.11.3 Vågor

Data som inhämtats gällande vågor kommer från en av SMHI:s bojar som är stationerad cirka 20 km nordost om projektområdet.

De vågriktningar som registrerats oftast är nordliga och sydsydostliga, vilket sammanfaller med de riktningar åt vilka den så kallade stryklängden (avståndet till närmaste land) är som längst. De ovanligaste vågriktningarna är ostliga och väst- till nordvästliga vilket kan förklaras av att dessa vindriktningar är relativt ovanliga. Vågorna är sällan högre än 3 meter eller längre än 100 meter.

4.11.4 Isförhållanden

Uppgifter från SMHI från åren 2013–2023 visar att nyis eller tät drivis vissa år har sträckt sig från den svenska kusten ut till projektområdet. De flesta år tycks dock vattnet i projektområdet vara öppet även när isutbredningen i Östersjön är som störst.

Endast tre av vintrarna mellan åren 2013 och 2023 har klassificerats som normala isvintrar (2013, 2018 och 2021). Resterande isvintrar har klassificerats som lindriga. De pågående

klimatförändringarna talar för att normala och stränga isvintrar kommer att bli ännu mer ovanliga i framtiden.

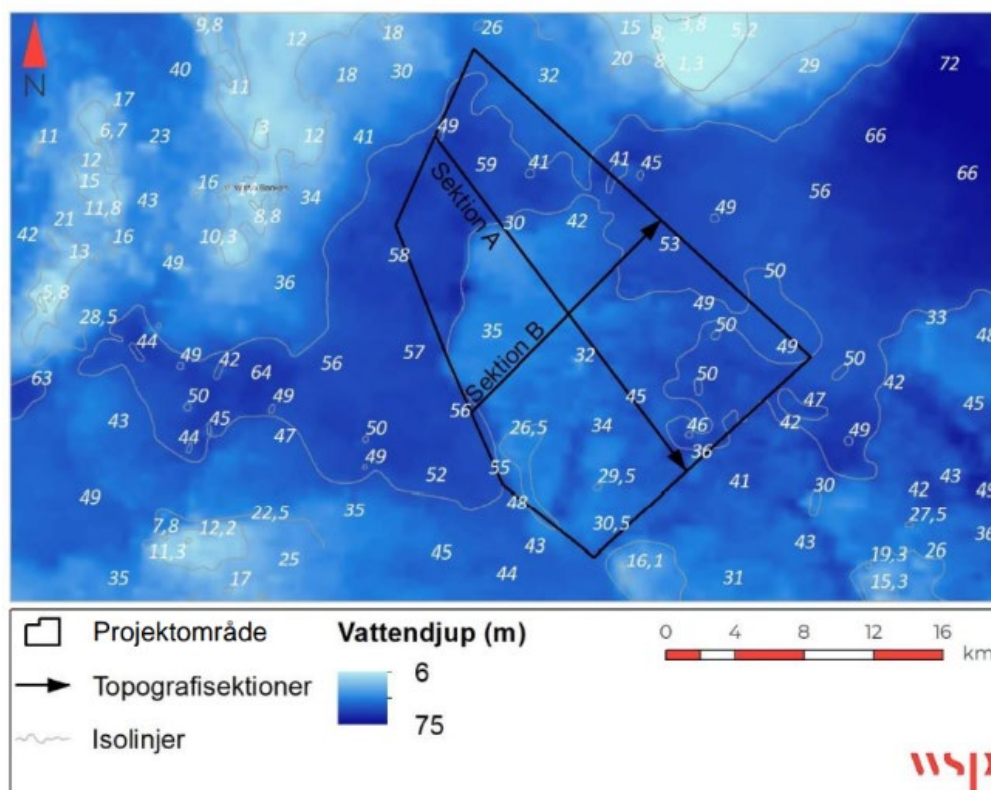
4.12 Geologi och bottenförhållanden

WSP har sammanställt en rapport som syftar till att beskriva geologin inom projektområdet i plan och på djupet. Underlaget till rapporten baseras på GIS-underlag, geologiska databaser, vetenskapliga artiklar och sjökort. Najaderna Offshore har även låtit utföra sedimentprovtagning inom projektområdet med hjälp av bottenhugg. Egna geofysiska och geotekniska utredningar planeras i avvaktan på tillstånd enligt kontinentalsockellagen.

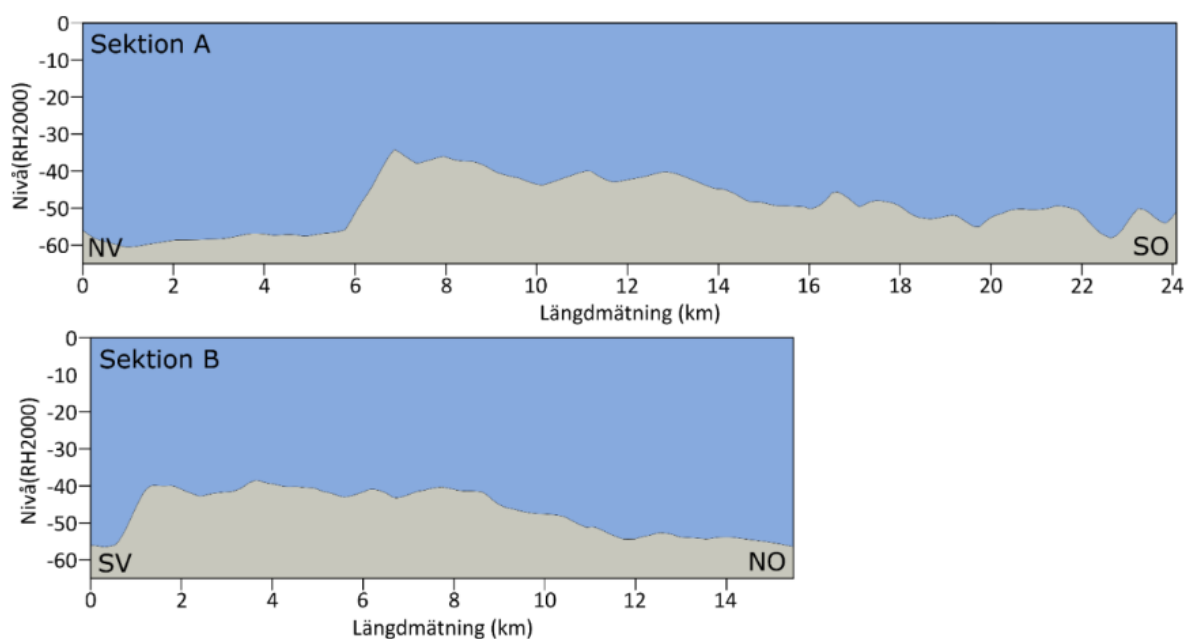
För fullständig metodbeskrivning, se Bilaga C.4.

4.12.1 Batymetri

Batymetrin (topografin) inom projektområdet kan översiktligt beskrivas som bestående av ett centralt beläget, relativt grunt område, där vattendjupet generellt ligger på cirka 30–40 meter. Det grunda området sluttar mot sydost men lokala avvikelser med större vattendjup inom området förekommer. I övriga delar av projektområdet uppgår vattendjupet generellt till 50–60 meter med enstaka mindre, grunda områden enligt The Baltic Sea Batymetry Database. Se Figur 16 och Figur 17.



Figur 16. Batymetri med vattendjup enligt djupdatamodellen The Baltic Sea Batymetry Database och punkter med känt verkligt djup enligt sjökartan SE53 (källa: Bilaga C.4).

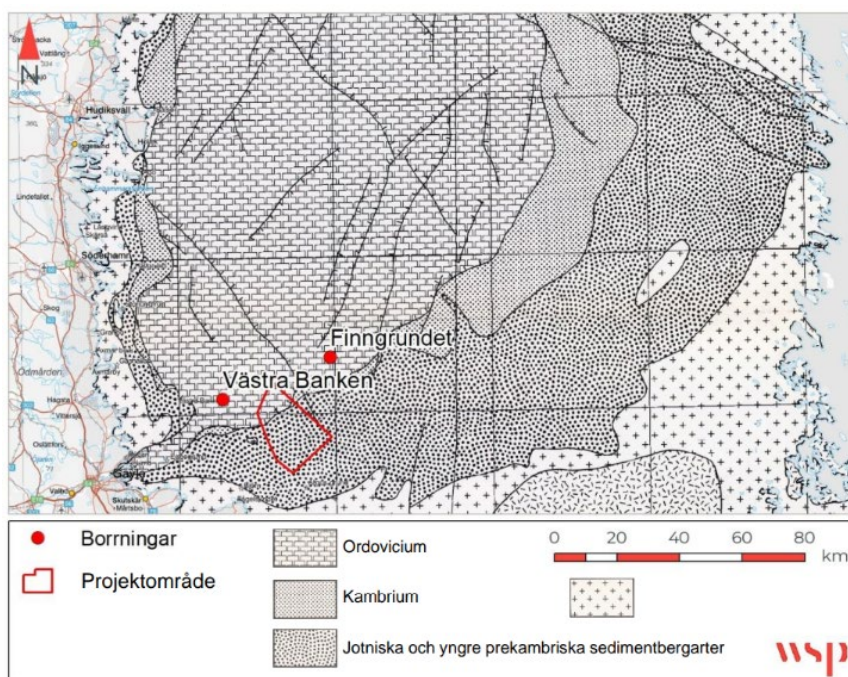


Figur 17. Bottentopografin enligt djupdatamodellen The Baltic Sea Bathymetry Database längs sektionerna A och B (se Figur 16). Blå färg symboliserar vatten medan grå färg symboliserar havsbotten (källa: Bilaga C.4).

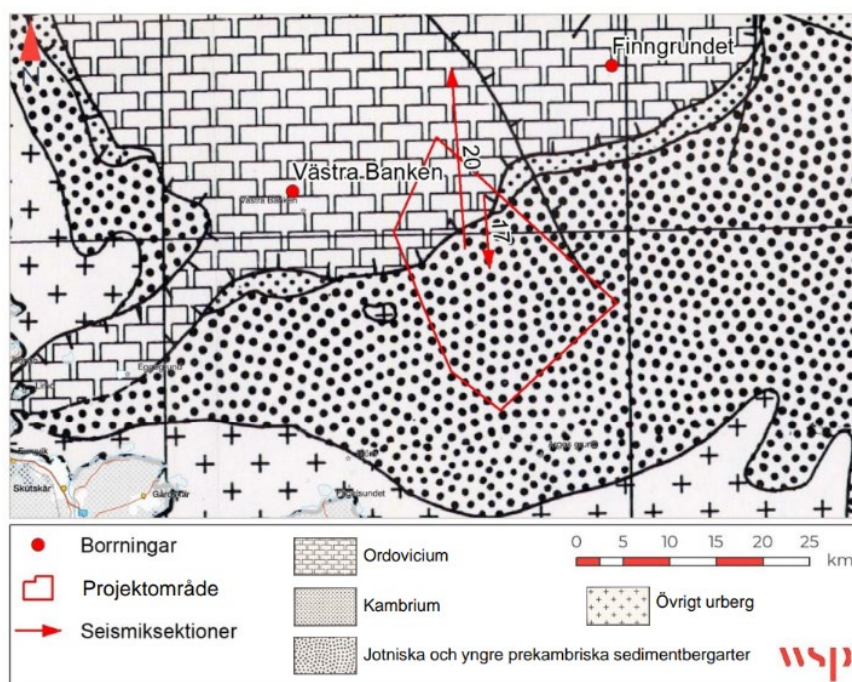
4.12.2 Berggrund

Bottenhavet, vilket Najadernas projektområde är beläget inom, utgör en del av den svenska kontinentalsockeln och är sedan tidigare väl studerad. Utdrag från bergskartan, sammanställd av SGU (Sveriges Geologiska Undersökning, Den svenska kontinentalsockelns berggrund, 1986), visar att den ytliga berggrunden vid projektområdet huvudsakligen består av sedimentära bergarter. Figur 18 och Figur 19 visar de tidsåldrar då berggrunden avsatts.

Vid förkastningar kan berggrunden förväntas vara uppsprucken och i sydvästra delen av projektområdet finns en nordost-sydvästligt orienterad fördjupning som kan vara betingat av en svaghetszon i berggrunden.



Figur 18. Bergartskartan över Södra Bottenhavet. Figuren visar att berggrunden består av jotniska, kambriska och ordoviciska sedimentbergarter som vilar på det kristallina urberget (källa: Bilaga C.4).



Figur 19. Bergartskartan över Gävlebukten. Figuren visar att berggrunden inom projektområdet består av sedimentära bergarter, i huvudsak av jotniska och ordoviciska åldrar (källa: Bilaga C.4).

Baserat på tidigare borrhov (se Figur 24 för provtagningspunkter) och utförda seismiska undersökningar (se Bilaga C.4) utgörs ytberggrunden inom den norra delen av projektområdet av ordovicisk kalksten med en mäktighet av cirka 40–50 meter. I den södra delen av projektområdet utgörs ytberggrunden av jotnisk sandsten, så kallad Gävlesandsten. Den

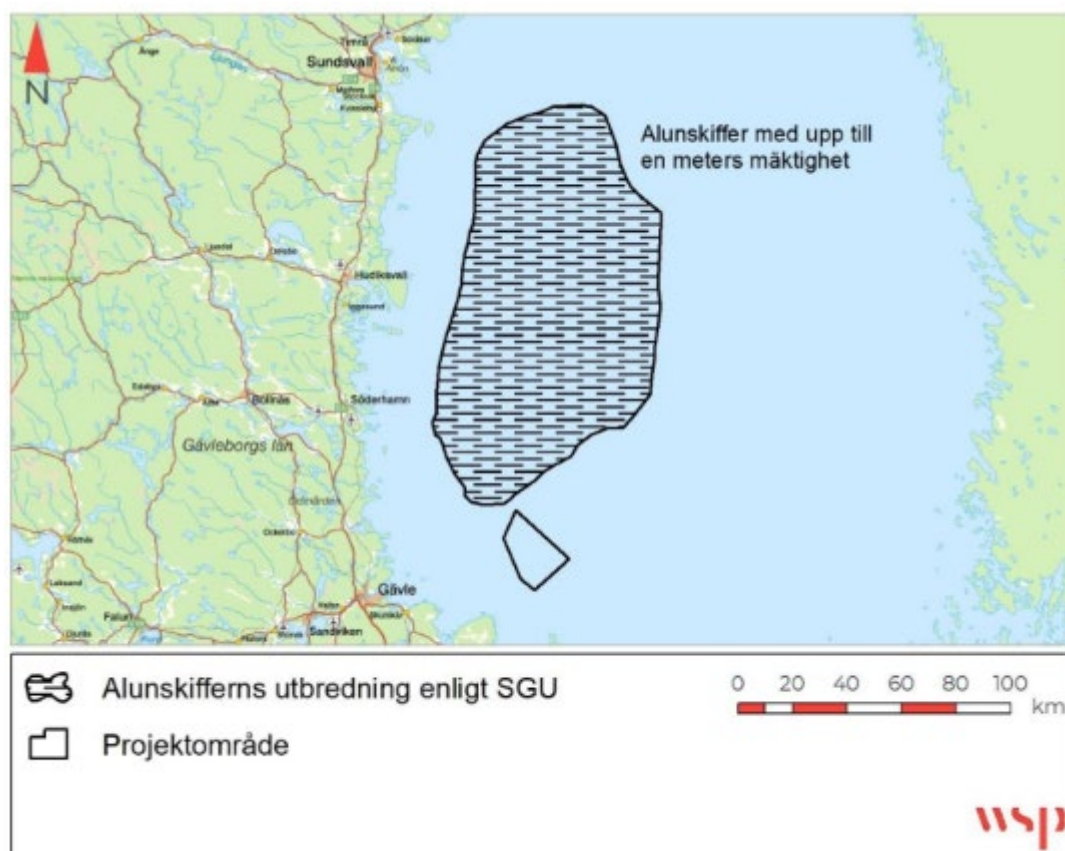
jotniska sandstenens mäktighet bedöms uppgå till 100-tals meter. Den ordoviciska berggrunden underlagras av kambrisk sedimentärberggrund med osäker sammansättning. Den kambriska lagerföljden innefattar dock arkos som indikerats av de seismiska undersökningarna, på ett djup av cirka 55 meter under havsbotten. I anslutning till förkastningen genom området kan den kambriska berggrunden förekomma mera ytnära och potentiellt utgöra ytberggrunden.

I övergången mellan de ordoviciska och kambriska bergarterna finns ett tunt lager av alunskiffer. Vid Finngrundet och Västra banken påträffas denna övergång vid 40 respektive 90 meter under havsbotten, med en mäktighet på ett par decimeter till en meter.

I vissa delar av Sverige innehåller alunskiffern höga halter uran och sällsynta jordartsmetaller. Några analyserade halter för alunskiffern i Bottenhavet har ej påträffats i den geologiska undersökningen gällande Najadernas projektområde.

Sönderfall av uran avger gammastrålning och radon vilket är skadligt för levande organismer. SGU har tidigare sammanställt förekomsten av alunskiffer i Sverige där förekomsten av alunskiffer i Bottenhavet kunnat begränsas till ett område norr om projektområdet (se Figur 20). Skifferns mäktighet uppgår där till maximalt en meter.

För närmare beskrivning av de övrigt förekommande bergarterna, se Bilaga C.4.



Figur 20. Alunskiffers utbredning enligt SGU. Alunskiffers mäktighet uppgår inom det markerade området till mellan noll och en meter (källa: Bilaga C.4).

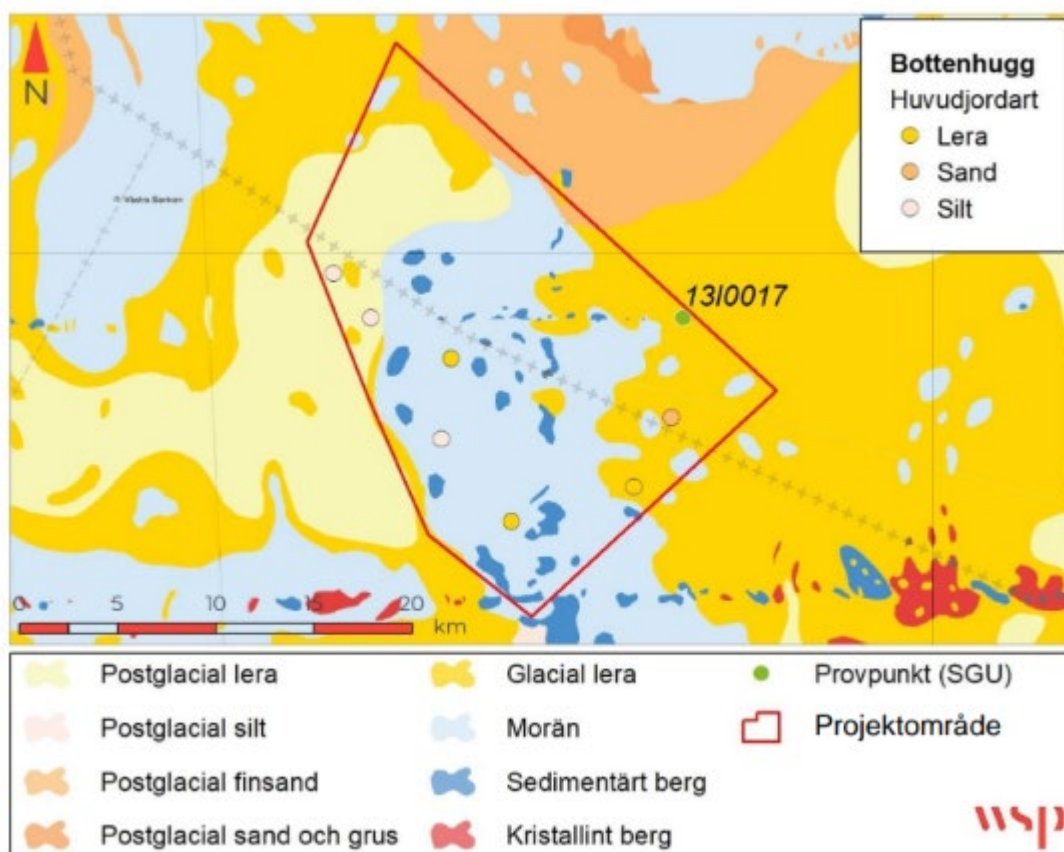
4.12.3 Jordlager

Enligt kartering från SGU breder jordarterna i projektområdet ut sig enligt Figur 21 i projektområdet. Förekommande yttjordarter domineras av morän samt glacial och postglacial lera. Även postglacial finsand förekommer inom en mycket begränsad del av området i norr. Den sedimentära berggrunden går i dagen inom främst de centrala delarna av området.

I Figur 21 framgår även resultatet av de bottenhugg som Najaderna Offshore låtit utföra. Flertalet av bottenhuggsproverna visar på ytliga jordarter som inte överensstämmer med SGU:s kartering. Detta bedöms dels bero på att SGU:s kartering är storskalig och avvikelser kan förekomma, dels för att eventuella tunna ytlager av bottenmaterial med mäktighet mindre än 50 cm ej har karterats storskaligt.

Indikationer om jordlagrens mäktighet finns i de tidigare nämnda seismiska undersökningarna som har gjorts inom projektområdet. Dessa visar på en samlad mäktighet av morän och lera mellan cirka fem och tio meter i norra delen. Längs den delen av de seismiska sektionerna där moränen utgör yttjordart bedöms moränens mäktighet generellt understiga fem meter.

För närmare beskrivning av de förekommande jordarterna, se Bilaga C.4.



Figur 21. Jordarternas utbredning inom projektområdet enligt SGU:s kartering i skala 1:750 000. Jordartsbedömning vid de inom projektet utförda bottenhuggen framgår med cirkulära symboler (se legend i kartan) (källa: Bilaga C.4).

4.12.4 Föroreningar i sediment

NIRAS har genomfört en utredning av bottenmiljön inom och runt projektområdet vilka inkluderat analys av miljögifter, se Bilaga C.5.

I kustnära områden ansamlas generellt mer föroreningar än i utsjöområden på grund av närheten till punktkällor som exempelvis hamnar och industrier. Ansamlingen sker kontinuerligt på ackumulationsbottnar där vattenströmmarna är tillräckligt låga för att finkornigt material ska sedimentera, och dessa bottnar blir potentiella sänkor för föroreningar. I projektområdet för Najaderna bedöms det enligt NIRAS inte finnas några ackumulationsbottnar i betydande utsträckning. Utsjösediment i Bottenhavet, där vindkraftparken för Najaderna är lokaliserad, kännetecknas av förhöjda halter av arsenik vilket sannolikt beror på höga halter i berggrunden inom avrinningsområdet och på utsläpp från en eller flera punktkällor. Andra grundämnen med naturligt förhöjda höga halter i ytsediment i Bottenhavet är kobolt och krom. Gällande organiska föroreningar (exempelvis PAH, PCB och TBT) är halterna generellt lägre i utsjösediment i Bottenhavet jämfört med i Egentliga och Södra Östersjön.

Analyserade sedimentprover i NIRAS undersökning år 2023, se Figur 24, tagna inom projektområdet visade generellt på låga halter av metaller, med undantag för krom, koppar, nickel och zink som uppmättes i högre halter i ett fåtal prover. Resultatet var som förväntat då halterna ligger inom spannet av vad som tidigare uppmätts i utsjösediment i Bottenhavet.

Även för organiska föroreningar uppmättes generellt låga halter i sedimentproverna tagna inom projektområdet för Najaderna i förhållande till andra prover tagna i svenska kust- och utsjöområden.

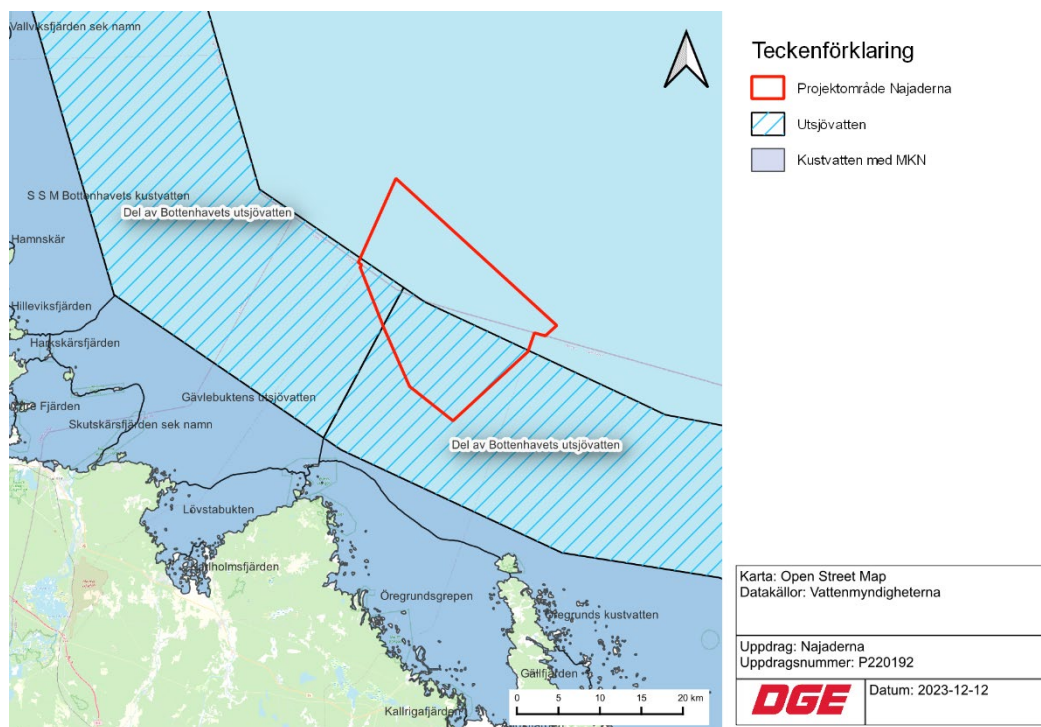
4.13 Miljökvalitetsnormer

Projektområdet för vindkraftparken berör ingen vattenförekomst som omfattas av miljökvalitetsnormer enligt 5 kap miljöbalken men sammanfaller delvis med vattenförekomsten Del av Bottenhavets utsjövatten (delarna SE620333-175418 och SE603634-183531). Vattenförekomsten saknar miljökvalitetsnorm men har en klassning av den kemiska statusen, uppnår ej god. Däremot är den kemiska statusen utan överallt överskridande ämnen god, det vill säga exklusive bromerade difenyleter och kvicksilver som är överallt överskridande. Se Figur 22 för illustration av vattenförekomsterna (VISS, 2022).

Miljötillståndet i Södra Bottenhavet är i flera avseenden mindre gynnsamt, men det finns också goda förhållanden. Övergödningssituationen uppfyller i många fall inte god ekologisk status samtidigt som kustfisk, sill, vikare och övervintrande fågel uppnår god miljöstatus. Även för skarpsill, gråsäl och planktonsamhället har tillståndet bedömts vara gott. Utsjöbankarna är relativt opåverkade och utgör viktiga områden för djur- och växtliv, särskilt eftersom de är mindre belastade av förorenande ämnen än många kustnära grundområden i regionen (Havs- och Vattenmyndigheten, 2019).

De yttre och öppnare områdena har en god vattenomsättning och förhållandevis låga näringsnivåer. Lokalt är förhållandena sämre, framför allt i innerfjärdar och havsvikar med låg vattenomsättning. De inre fjärdarna belastas med näringsutsläpp från bebyggelse och

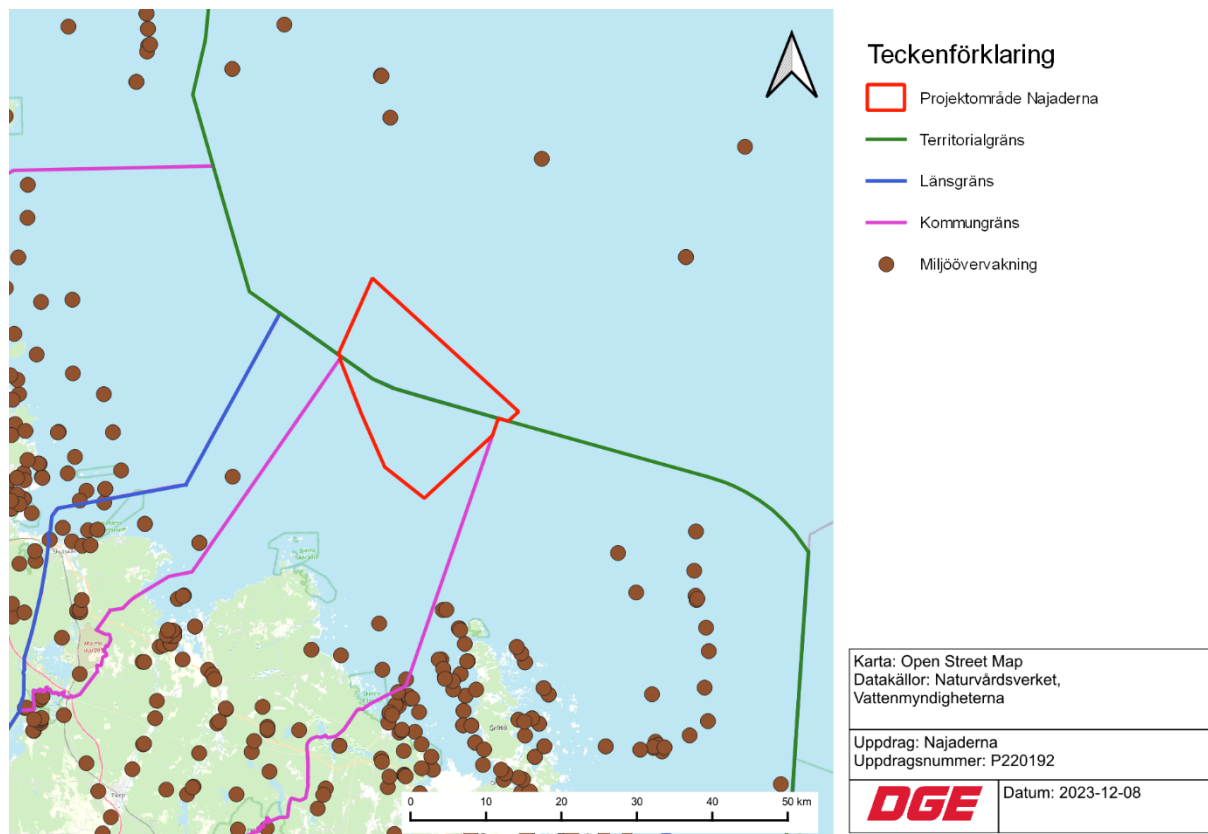
areella näringar som tillsammans med landhöjningen och den naturliga bakgrundsbelastningen medför höga näringsnivåer.



Figur 22. Projektområdet för vindkraftpark samt förekommande vattenförekomster med beslutade miljökvalitetsnormer. I kartan visas även vattenförekomster i utsjön som saknar beslutade miljökvalitetsnormer.

4.14 Miljöövervakning

I projektområdets närområde återfinns ett antal provtagningspunkter inom nationella, regionala och kommunala miljöövervakningsprogram. Dessa illustreras i Figur 23. Ingen av provpunkterna överlappar eller angränsar projektområdet.



Figur 23. Provtagningspunkter inom nationella, regionala och kommunala miljöövervakningsprogram.

4.15 Marina naturvärden

Biodiversiteten i Bottenhavet är låg jämfört med andra hav, mycket på grund av den låga saliniteten som skapar stress för både marina (saltvattenslevande) och limniska (sötvattenslevande) arter.

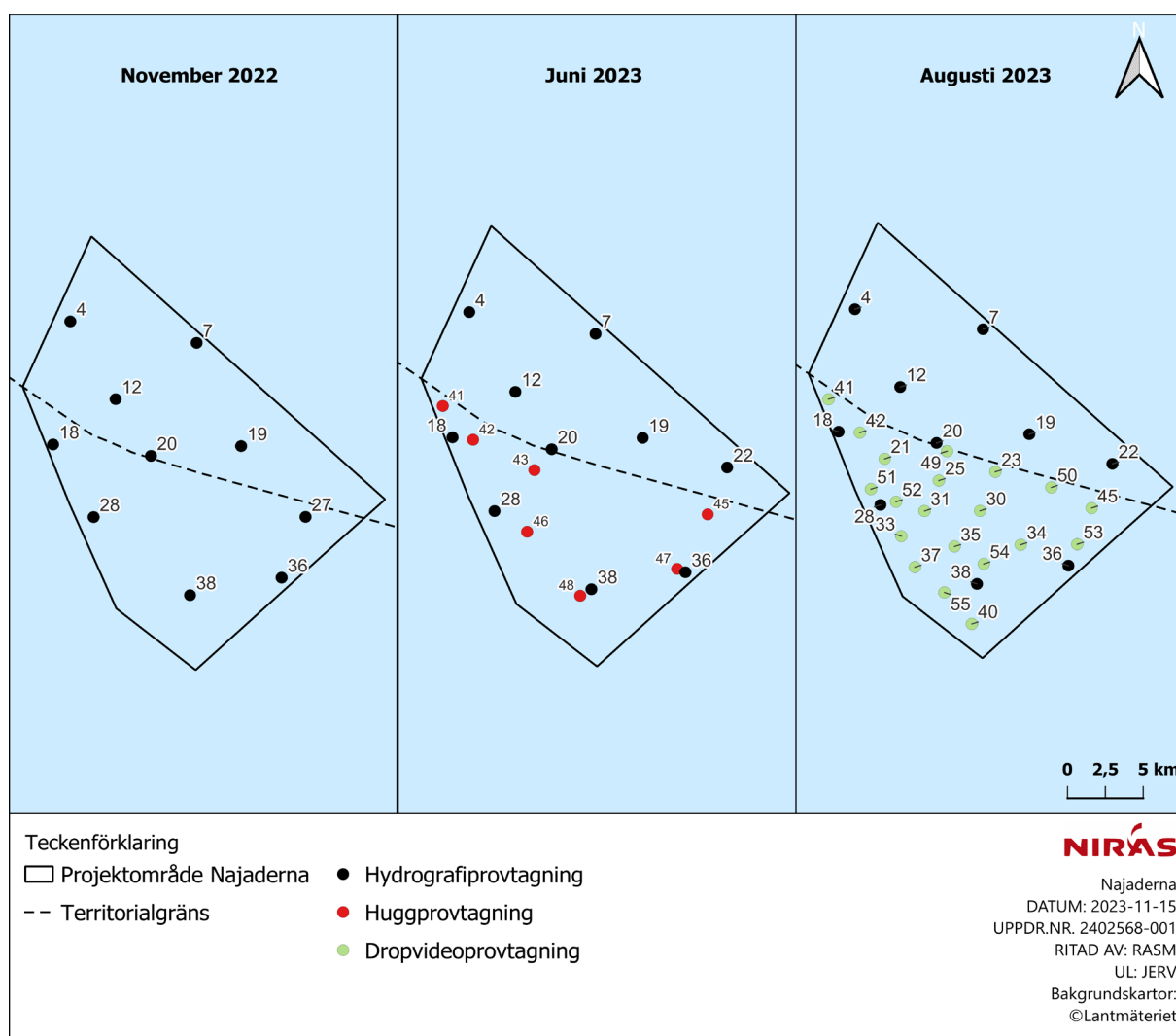
4.15.1 Bentisk fauna

NIRAS har genomfört en utredning av bottenmiljön inom och runt projektområdet, se Bilaga C.5. För att erhålla en helhetsbild av den bentiska miljön kring projektområdet har befintliga miljöövervakningsdata inhämtats från SHARKweb, den nationella databasen för oceanografi och marinbiologi, samt DOME, vilket är International Council for the Exploration of the Sea:s (ICES) dataportal för information om bentisk artförekomst.

För att undersöka bottenhabitatet i Najaderna utförde NIRAS videofältundersökningar, undersökningar på hydrografi samt bottenhuggsundersökningar i projektområdet. Under november 2022, juni 2023 och augusti 2023 genomfördes hydrografiska undersökningar på totalt tio stationer inom projektområdet. Temperatur, salinitet, djup och syrgashalt mättes med hjälp av en CTD-sond. För att få en uppfattning om hur långt ljuset stäcker sig ned i vattenkolumnen mättes även siktdjup med hjälp av en siktdjupsskiva. Under juni 2023 genomfördes sju bottenhuggsundersökningar för att kartlägga vilken typ av infauna (djur som lever nedgrävda i sedimentet) som finns i området. Dessutom genomfördes undersökningar i

juni 2023 för att bedöma sedimentets kvalitet inom projektområdet, med fokus på förekomsten av miljögifter, se avsnitt 4.12.4, och kornstorlek. Samtliga bottenhuggstationer var placerade inom territorialhavet. Bottenhuggsinventeringen utfördes med hjälp av en van Veen-huggare. Under augusti 2023 undersöktes dessutom 20 stationer med dropvideo inom territorialhavet för att inventera epibentisk fauna (djur som lever ovanpå sedimentet) samt vegetationen. Videoundersökningarna utfördes med hjälp av en videoslåde med en fastsittande videokamera vars videomaterial sedan analyserades.

Bottenundersökningar i den del av projektområdet som är beläget inom svensk ekonomisk zon kräver tillstånd som inte beviljats i tid för 2023 års undersökningar och kommer att genomföras efter erhållet tillstånd. Samtliga genomförda undersökningar framgår av Figur 24.



Figur 24. Provtagningsstationer för hydrografi, bottenhugg (för inventering av infauna, kornstorleksanalys samt och miljögiftsprover), samt stationer för dropvideo. Provtagningarna utfördes under tre olika undersökningsperioder (källa: Bilaga C.5).

I Östersjön sträcker sig den fotiska zonen, det vill säga djupet dit tillräckligt ljus når för att fotosyntes ska kunna ske, som mest till 20–25 meter. Eftersom hela projektområdet har ett djup på minst 26 meter, och botten således ligger under den fotiska zonen, så förväntas ingen bottenvegetation inom Najaderna. I videoundersökningar observerades heller ingen vegetation. Däremot förekommer vegetation i grundare närområden till projektområdet.

Likt stora delar av Östersjön så är artrikedomen bland bottenfaunan låg i Bottenhavet, till stor del på grund av det bräckta vattnet. Enligt miljöövervakningsdata från SHARK och ICES är de mest vanligast förekommande arterna i närliggande områden till projektområdet Najaderna blåmussla (*Mytilus edulis*), vitmärla (*Monoporeira affinis*), skorv (*Saduria entomon*) och nordamerikansk havsborstmask (*Marenzelleria spp.*). Totalt har 18 taxa påträffats i miljöövervakningen mellan åren 1982 och 2022. I de närliggande Finngrunden dominerades bottenfaunan i inventeringar av arter som tångmärlor (*Gammarus spp.*), snäckor (båtsnäcka, *Theodoxus fluviatilis* och *Lymnaea peregra*), jaeragråsuggor (*Jaera sp.*) samt relativt höga abundanser av fjädermygglarver (Chironomidae). Finngrunden skiljer sig dock från projektområdet, främst i fråga om djup där Finngrunden är betydligt grundare.

Inom närliggande Natura 2000-områden på Finngrunden förekommer både hård- och mjukbottnar inom både afotiska (dit mindre än 1 % av solljuset når) och fotiska zonen. Där förekommer arter som bildar revmiljöer karakteriserade av algsamhällen och fauna kopplade till dessa, så som tångmärlor, musselbankar av blåmusslor, slät havstulpan (*Amphibalanus improvisus*), tångbark (*Electra crustulenta*) och brackvattenshydroider (*Cordylophora caspia*).

I bottenfaunaprover från totalt sju stationer inom projektområdet utförda i juni 2023 hittades totalt åtta taxa varav fem arter, två släkten och en understam. Ingen taxa som hittats genom provtagningen är klassad som hotad eller sårbar på den svenska rödlistan. Av de fem arterna bedöms fyra som livskraftiga (LC); vitmärla, skorv, östersjömussla (*Macoma balthica*), och vitmärlan *Pontoporeia femorata*. Den femte arten, korvmask (*Halicryptus spinulosus*), bedöms inte alls enligt den svenska rödlistan. I samtliga bottenfaunaprover var abundansen högst hos vitmärla, följt av *P. femorata* och/eller nordamerikansk havsborstmask. Med avseende på våtvikt dominerade vitmärla på fyra stationer, skorv vid en station medan resterande två stationer hade ungefär lika stor vikt av skorv respektive vitmärla och nordamerikansk havsborstmask. I videoundersökningarna som genomförts vid 20 stationer hittades endast fyra taxa tillhörande bentisk fauna; nässeldjur (Hydroida), blötdjur (Mollusca), skorv och pungräkor (Mysidae).

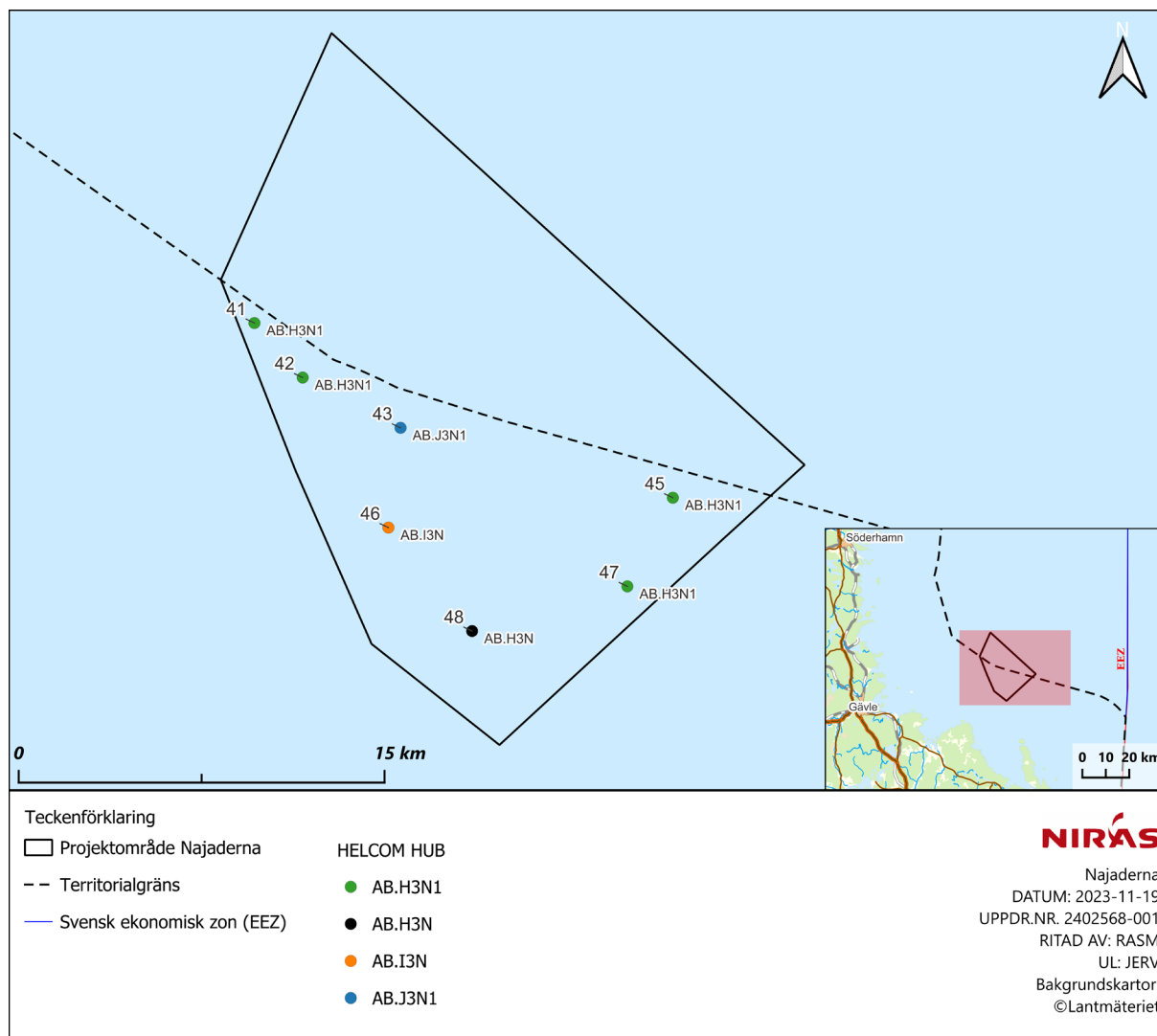
De arter av bottenfauna som identifierats i undersökningarna inom projektområdet är vanliga i Bottenhavet och i övriga delar av Östersjön. I jämförelse med inventeringarna inom projektområdet och miljöövervakningsdata från SHARK och ICES, har färre arter hittats inom projektområdet än i angränsande områden av jämförbar karaktär.

Klassificering enligt Helcom Underwater Biotope and habitat classification (HUB) gjordes utifrån data insamlat av NIRAS i augusti 2023. Resultaten visade på förekomst av fyra biotoper, se även Figur 25:

- mjukbotten dominerat av vitmärla (*M. affinis*) och/eller *P. femorata* (AB-H3N1, fyra stationer)

- mjukbotten dominerat av sedimentlevande kräftdjur (AB.H3N, en station)
- grovsubstrat dominerat av sedimentlevande kräftdjur (AB.I3N, en station)
- sandbotten dominerat av vitmärla (*M. affinis*) och skorv (*S. entomon*) (AB.J3N1, en station).

Ingen av de tre arterna är rödlistade enligt Helcom. Två av de fyra HUB-biotoperna, AB.H3N och AB.I3N är klassade som NE (kunskapsbrist), medan biotopen AB.I3N är klassad som LC (Livskraftig). Den fjärde biotopen är AB.H3N1 är klassad som NT (nära hotad) enligt Helcoms rödlista för hotade biotoper och livsmiljöer.



Figur 25. Bottenfaunastationer biotopklassificerade enligt Helcom HUB (källa: Bilaga C.5).

Baserat på informationen om de vanligt förekommande arterna och habitatstyperna inom projektområdet förväntas enligt NIRAS inte skyddsvärda arter förekomma i någon betydande utsträckning. Det vill säga, de arter som har hittats i inventeringarna beskrivna ovan är vanligt förekommande inom större delar av Östersjön och är inte klassade som hotade eller rödlistade enligt den nationella rödlistan. Habitaterna och biotoperna som hittats inom projektområdet är

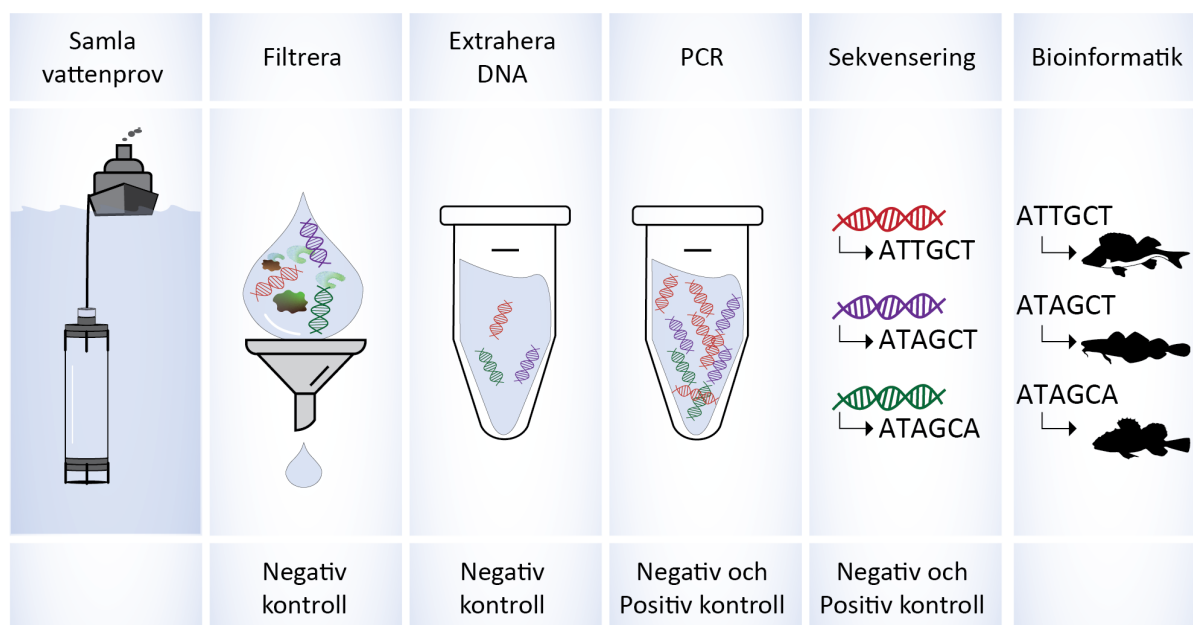
vanligt förekommande i Bottenhavet, men där en av fyra biotoper (AB.H3N1) anses vara nära hotad enligt Helcoms rödlista för hotade biotoper och livsmiljöer.

4.15.2 Fisk

NIRAS har genomfört en utredning över fisk inom och i närheten av projektområdet, se Bilaga C.6.

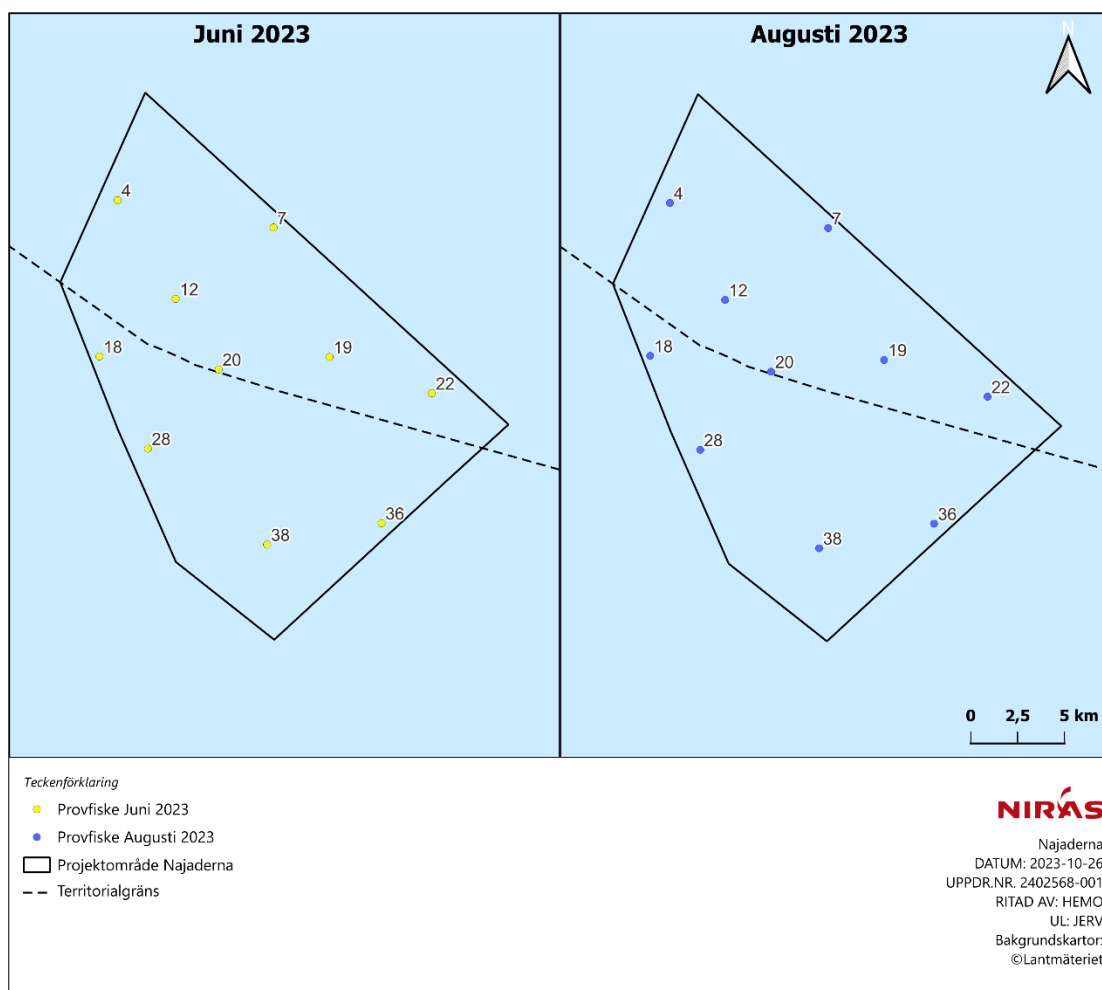
Flera metoder har tillämpats för insamling av data, där underlaget kombinerats för att möjliggöra en bedömning av fisksamhället. Data har samlats in via vattenprover för analys av eDNA samt provfisken med utsjölänkar. Vidare har ett riktat fiske efter strömming ägt rum för att erhålla individer till en specifik genetisk analys för att utreda populationstillhörighet och leksäsong för strömmingarna som uppehåller sig i området. Eftersom många marina fiskarter migrerar mellan olika havsområden kan den artspecifika abundansen inom ett område variera stort över tid. Datainsamlingen för denna nulägesbeskrivning har därför samlats in under flera tillfällen. Vattenprover för eDNA har samlats in vid tre tillfällen (november 2022 samt juni och augusti 2023), provfisken har ägt rum under en kallvattensperiod (juni) och en varmvattensperiod (augusti) år 2023 och vid två tillfällen fångades 50 strömmingar vardera för genetisk analys (november 2022 och juni 2023).

Analys av eDNA är en generell och icke-invasiv metod som baseras på möjligheten att studera olika organismers spår i vattenkolumnen genom att utvinna DNA ur små mängder vatten och sedan via molekylära analyser specificera vilka arter som befinner sig inom ett område. För fisk är den största fördelen med metoden är att den inte är selektiv, något som exempelvis nätprovfisken alltid är. Proverna analyserades med så kallad "metabarcoding". Metabarcoding utnyttjar unika sekvenser av DNA-baspar (A, T, G, eller C i DNA-koden) för att identifiera en art. För att kunna identifiera arttillhörighet amplifieras DNA från proverna med specifikt framtagna markörer för att identifiera fiskarter. Denna analysmetod genererar en kvalitativ skildring av vilka arter som förekommer i provet. Se Figur 26 avseende flödesschema för de olika stegen i en eDNA-undersökning.



Figur 26. Flödesschema som visar de olika stegen för eDNA-undersökningar. Efter extraktionsprocessen genomförs en så kallad PCR (Polymerase Chain Reaction) vilket görs för att amplifiera provets DNA. Se Bilaga C.6 för mer detaljerad metodbeskrivning (källa: Bilaga C.6).

Nätprovfisker utfördes inom projektområdet under en kallvattensperiod (juni) och en varmvattensperiod (augusti) år 2023, se Figur 27. Inventering med nätprovfisker ger kvantitativ data för fiskars lokala förekomst och är således en rekommenderad komplementär undersökning till eDNA.



Figur 27. Positioner för provfiske i juni och augusti 2023 (källa: Bilaga C.6).

Sill och strömming tillhör samma art (*Clupea harengus*). Trots utseendemässiga skillnader är de genetiskt nära släkt. Under senare år har data pekat på att strömmingen i Östersjön kan vara uppdelad i flera mindre delpopulationer. Dessa delpopulationer har på relativt kort tid anpassat sig för det specifika havsområde som de uppehåller sig vid. Det handlar om genetiska anpassningar för temperatur, salthalt, ljusförhållanden men även om reproduktionen sker på hösten eller våren. Med en så kallad mikromatris kan man idag identifiera genetiska skillnader mellan olika populationer. Dessa genetiska skillnader ligger till grund för ekologiska anpassningar och man kan på så vis identifiera individens populationstillhörighet inklusive dess reproduktionssäsong från ett vävnadsprov.

Under november år 2022 och juni år 2023 samlades individer in för efterföljande genetisk analys. Fiskarna fångades med utsjölänkar, totalt 50 individer per provtillfälle. Individens vikt, längd, typ av gonader, gonadstatus samt en fenbit för den genetiska analysen samlades in omgående efter fångsten.

4.15.2.1 Resultat

eDNA-data från 2023 har ännu inte hunnit analyseras av det aktuella labbet, därför presenteras endast data från 2022 i Bilaga C.6. Från dessa undersökningar kunde 13 arter/fiskgrupper detekteras, se Tabell 4. Artsammansättningen i området dominerades av strömming, tånglakefiskar (varav endast tånglake *Zoarces viviparus* förekommer i Östersjön), storspigg, och hornsimpa/rötsimpa, vilka totalt motsvarade >95 % av alla detektioner. Även spetslångebarn (*Lumpenus lampretaeformis*), skarpsill (*Sprattus sprattus*), stensimpa (*Cottus gobio*), torsk (*Gadus morhua*), och småspigg (*Pungitius pungitius*) förekom i höga detektioner (>4 %) i enskilda prov.

Tabell 4. Detektioner av fisk (art/taxa) med eDNA i november 2022. Rödlitestatusen är enligt Artdatabankens bedömning från 2020 om inget annat anges. Antal positiva detektioner i 40 prover samt dess genomsnittliga frekvens (%) presenteras (källa: Bilaga C.6).

Svenskt namn	Latin	Rödliste-status	Antal positiva detektioner i prov	Medel frekvens i prov (min-max)
Strömming	<i>Clupea harengus</i>	LC	40	41 (0–100)
Tånglakefiskar	<i>Zoarces sp</i>	LC (NT*)	40	30 (0–65)
Storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	LC	36	14 (0–66)
Hornsimpa/rötsimpa	<i>Myoxocephalus sp</i>	LC	34	8 (0–33)
Spetslångebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>	LC	12	1 (0–25)
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	LC	17	1 (0–17)
Tobisfiskar (3 arter)	<i>Ammodytes sp</i>	-	18	1 (0–4)
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	LC	11	<1 (0–3)
Stensimpa†	<i>Cottus gobio</i>	LC	3	<1 (0–4)
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	VU	2	<1 (0–5)
Småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	LC	1	<1 (0–4)
Ringbuxfiskar	<i>Liparis sp</i>	-	7	<1 (0–1)
Lax	<i>Salmo salar</i>	LC (VU*)	4	<1 (0–1)
Löja/elritsalikt†	<i>Alburnus sp/Phoxinus sp</i>	LC	3	<1 (0–1)
Näbbgädda	<i>Belone belone</i>	LC	1	<1 (0–1)

* Rödlisat i Östersjön enligt Helcom:s bedömning från 2013 men Livskraftig (LC) i Svenska Artdatabankens aktuella rödlista. NT=near threatened (nära hotad), VU=vulnerable (utsatt).

†Uppräglade sötvattenstaxa, bedöms kunna förekomma i området eftersom de rör sig kustnära i Östersjön.

Tre rödlistade fiskarter detekterades via eDNA: tånglake, torsk och lax. Tånglake är en vanlig fisk i Östersjön och återfanns i samtliga 40 eDNA-prov. Arten är upptagen på Helcoms rödlista som nära hotad (NT) (Helcom, 2013), men anses enligt den nationella rödlistan som "ej hotad" (LC). eDNA från torsk, som är listad som sårbar (VU) i både den svenska nationella rödlistan och av Helcom, observerades i låga halter (0,05–5 %) i två prov från den sydöstra djupare delen av projektområdet. eDNA från Lax (*Salmo salar*) observerades i låga halter i fyra prov, två av dessa i sydöstra projektområdet och två längre västerut, på grundområdet. Arten inkluderades som sårbar (VU) av Helcom (2013) men är enligt den nationella rödlistan ej hotad (LC).

Vid de båda provfiskena i juni och augusti 2023 fångades totalt 870 fiskar fördelat på sex arter. Fångsten indikerar en tydlig dominans av strömming vid båda undersökningstillfällena. Totalt fångades 820 strömmingar vilket innebar att strömmingen stod för 94,2 % av den totala fångsten. Efter strömming var hornsimpa den näst vanligaste arten, med totalt 32 individer, följt av tånglake (åtta individer), rötsimpa (åtta individer), nors (*Osmerus eperlanus*, en individ) och torsk (en individ).

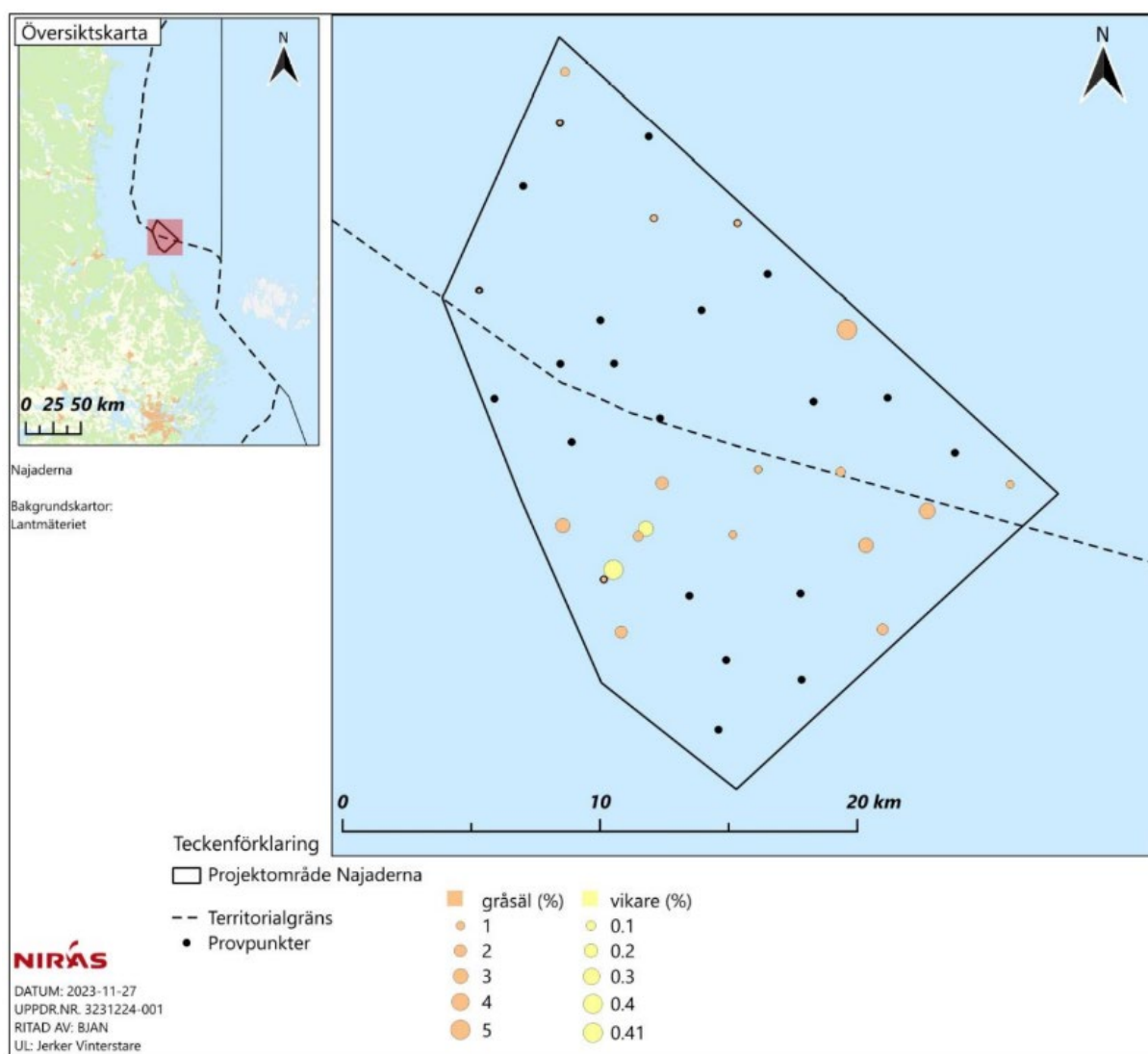
Den totala abundansen var cirka 1,5 gånger högre vid fångstillfället i augusti (523 individer) jämfört med juni (347 individer). Strömming dominerade dock vid båda fångstillfällena och utgjorde cirka 89 % av infångade individer i juni respektive cirka 98 % i augusti. Nors och torsk fångades enbart under nätprovfisket som utfördes under juni. Strömming dominerade även fångsten mätt i biomassa (vikt) och denna dominans gällde både undersökningen i juni och augusti. Totalt fångades 34,4 kg fisk varav strömming utgjorde 25,0 kg, vilket motsvarar cirka 73 % av den totala biomassan.

Mellan säsonger varierade artantalet, där färre antal fiskarter fångades under augusti (4 arter) i jämförelse med juni (6 arter). Värt att notera är dock att denna säsongsvariation i artförekomst endast baseras på en torsk och en nors, och det förekommer således inte några betydande skillnader i artförekomst mellan de båda undersökningstillfällena. Hornsimpas förekom i ett större antal under juni månad i jämförelse med vid augustifångsten och ett motsatt mönster, men med lägre variation, observerades för rötsimpa. Bland de arter som fångades under provfisket finns torsk med på den nationella och internationella rödlistan medan tånglake finns med på den internationella.

4.15.3 Marina däggdjur

NIRAS har genomfört en utredning över förekomst av marina däggdjur inom och i närheten av projektområdet, se Bilaga C.7.

Förutom en litteraturundersökning har data i form av eDNA samlats in för att på så vis generera en sannolik beskrivning av förekomsten av marina däggdjur i området. Vattenprover för analys av eDNA samlades in inom projektområdet vid två olika tillfällen: under november år 2022 och juni år 2023. Totalt samlades vatten in från 40 provtagningsstationer under respektive period och analyserades på laboratorium med specifika primers för att detektera de olika marina däggdjuren som finns i Sverige; gråsäl, vikare, knubbsäl samt tumlare. DNA från två arter av marina däggdjur, gråsäl och vikare, påträffades i provtagningen, men däremot inte knubbsäl eller tumlare. Gråsäl var mycket vanlig och förekom i hälften av proverna, fördelade över hela projektområdet. Se Figur 28 för resultat av eDNA-analyser.



Figur 28. Positioner och detektionsfrekvens (% av observationer i enskilda prov) av marina däggdjur från prover tagna i november 2022. Arealen av arters cirkel motsvarar den relativa abundansen av eDNA från arten i det givna provet, jämfört med andra däggdjur. Arealen är därmed inte strikt jämförbar mellan olika prov/stationer. Svarta punkter motsvarar provpunkter utan detektion av marina däggdjur (källa: Bilaga C.7).

Gräsäl förekommer i området året runt eftersom den både parar sig, föder sina kutar, byter päls samt födosöker i Bottenhavet. Vikare däremot förekommer enbart i området för att födosöka då de parar sig, föder kutar och byter päls längre norrut i Bottenviken. Under fältinventeringarna påträffades båda dessa arter inom området.

Gräsälspopulationen i Östersjön har fluktuerat kraftigt under de senaste 200 åren. Under 1970-talet bestod Östersjöns gräsälspopulation endast av runt 4 000 individer, men sedan dess har gräsälspopulationen återhämtat sig, mycket tack vare minskade utsläpp av miljögifter och strikt begränsad jakt. Populationen har år 2021 uppskattats till att uppnå runt 60 000 individer. Gräsälen har tidigare löpt en relativt stor risk för att fastna i torskfiskenät. Under de senaste decennierna har dock nätfisket efter torsk minskat kraftigt och användningen av sälsäkra redskap har ökat markant, vilket har resulterat i att den oavsiktliga bifångsten av säl troligtvis reducerats, men fler studier kring detta behöver utföras.

Helcom¹ använder sig av miljöstatusbedömningar för att avgöra statusen på olika arters populationer. Östersjöns gråsälspopulation uppfyller idag generellt sett god status förutom i de sydvästra delarna nära Öregrund och väster om Bornholm. ”God status” för gråsälen uppskattas genom två faktorer:

- I) Att populationen av säl uppnår minst 10 000 individer
- II) Att tillväxthastigheten för arten når, eller är strax under, artens bärförmåga. I gråsälens fall estimerar Helcom att tillväxthastigheten är maximalt 7 % per år.

Faktor I uppfylls i och med att Östersjöpopulationen överstiger 10 000 individer, men det gör däremot inte faktor II eftersom inte hela populationen uppnår samma tillväxthastighet. I de norra delarna av Östersjön uppfylls detta krav, men inte i de södra delarna, sannolikt på grund av brist på haul-out sites (platser på land som sälar använder för att vila, fälla vinterpälsen och i vissa fall para sig).

Vikaren var under 1800-talet och tidigare svår att jaga jämfört med exempelvis gråsälen. De samlades inte i grupper i samma grad som gråsälen vilket gjorde metoder som harpunering, klubbning och nät mindre effektiva. Detta ledde till att det inte fanns någon större jakt på vikare för sälolja under 1800-talet och populationen var därför länge relativt orörd tills mer effektiva vapen och jaktmetoder fanns tillgängliga. Vikarpopulationen nådde, till följd av jakt och miljögifter, en bottennotering på 1970-talet då endast 5 000 individer uppskattades finnas kvar. Vikaren hade då helt försvunnit från västra Egentliga Östersjön och vikarens haul-out sites i Bottenhavet var alla övergivna. År 2021 uppskattades vikarpopulationen i Bottenviken till 14 602 individer.

Vikarens bestånd, specifikt i Bottenviken, överstiger Helcoms tröskelvärden för god miljöstatus, faktor (I) som ligger på 10 000 individer. Tillväxthastigheten av beståndet i Bottenviken har dock inte nått tröskelvärdet för faktor (II) på en ökning av 7 % per år, vilket resulterar i att Bottenvikens bestånd av vikare inte anses uppfylla god status enligt. Bestånden i Finska viken och i Rigabukten uppfyller varken faktor I eller II och hela populationen i Östersjön är således inte att betrakta som att den uppfyller god status. Då vikaren kräver havsis för att kunna föröka sig är de väldigt känsliga för klimatförändringar som medför att havsisen minskar och blir svagare. Havsisens framtida utbredning kommer troligen att begränsa förmågan för populationen av vikare att återhämta sig och även vara särskilt ogynnsamt för Rigabuktens bestånd som löper stor risk för allvarliga konsekvenser vid allt varmare vintrar.

Projektområdet för Najaderna ligger som närmast cirka 17 kilometer från fastlandets kustlinje och de närmsta landområdena är Björns skärgård och Örskär. Björns skärgård har visat sig vara en haul-out site där säl förekommer regelbundet. De tre Natura 2000-områdena vid Finngrund (se avsnitt 4.6) utmärker sig som skyddsvärda på grund av deras beskaffenhet som grunda områden med mycket hårdbotten, där vegetation kan växa och bland annat ge skydd till fisk såsom tånglake och strömming. Dessa Natura 2000-områden är lekområden för fisk och därmed också födosöksområden för bland annat gråsäl.

¹ Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission - Helcom)

Sälarnas användning av projektområdet skiljer sig troligtvis mellan årstiderna. Under normala vintrar fryser nästan hela Bottenhavet och under milda vintrar kan stora delar vara isfria. Detta medför att projektområdet kan utnyttjas på olika sätt under vintermånaderna beroende på hur området ser ut just det året. Vikaren föder sina kutar på is, men detta sker främst i Bottenviken, långt från projektområdet, vilket medför att vikare således inte kommer att uppehålla sig i området för Najaderna under vintermånaderna. Gråsälarna kan däremot uppehålla sig i och omkring projektområdet året om. Troligtvis använder de området främst som ett födosöksområde eftersom det saknas kobbar och skär, men det är inte uteslutet att en del sälarna även skulle kunna använda området för födsel av sina kutar under de vintrar då isen är relativt tjock och utbredd i ett större område i Bottenviken.

4.16 Fåglar

Ottvall Consulting AB har genomfört en sammanställning och inventering av fågelförekomst för Najaderna vindkraftpark, se Bilaga C.8.

I studien har befintlig kunskap om fågelförekomst i området kring projektområdet kompletterades med inventering från flyg av rastande sjöfåglar vid fyra tillfällen 2022–2023 samt med GPS-studier av skräntärnors och silltrutars flygrörelser i förhållande till häckningskolonierna längs kusten. Därutöver undersöktes sångsvanarnas migration över Bottenhavet våren 2023 med GPS-telemetri.

4.16.1 Häckande fåglar

Merparten av fågelarter med häckningsförekomst i Gävleborgs och Uppsala län födosöker enligt utförda fågelinventeringar i skärgårdsmiljöerna i respektive län på land eller i vatten nära häckningskolonierna, dvs minst cirka 14 km bort från projektområdet.

I Gävleborgs och Uppsala län påträffas en betydande andel av landets häckande bestånd av silltrut. Sedan tidigare är det känt att silltrutarna från Björns skärgård regelbundet flyger mer än 100 km enkel väg för att söka föda till ungarna och att de tillbringar mycket tid långt ut till havs. GPS-studierna utförda av Lötberg m.fl. (2023a) på silltrut visar att Najadernas projektområde framför allt används för genomflygning till andra födosöksområden. I Lötberg m.fl. (2023a) bedömdes att 12 % av 957 besök i projektområdet var för att fiska, 22 % var troligen fisketurer (därmed 34 % potentiella fisketurer) medan 66 % bedömdes som enbart genomflygningar.

I Björns skärgård finns även landets, och sannolikt Östersjöns, största häckningskoloni med skräntärna. Kolonin i Björns skärgård är därför av stor betydelse för arten i Östersjön. GPS-studier av häckande skräntärnor från denna koloni visar att skräntärnorna inte flyger ut till Najadernas projektområde utan håller sig närmare kusten och fiskrika insjöar.

Övriga tärnor som påträffas häckande i Uppsala och Gävleborgs län är fisk- och silvertärna vilka sällan flyger längre avstånd än cirka 20 km från kolonin vid födosöksturer.

4.16.2 Rastande och födosökande sjöfågel

Under vinterhalvåret ansamlas födosökande alfåglar i grundare områden av Östersjön. Alfåglaorna förekommer främst på djup grundare än 25–30 meter och på större djup förväntas få eller inga alfåglar.

Frånsett alfågel återfinns de flesta sjöfågelarterna vintertid i mer kustnära vatten och/eller längre söderut i Östersjön, det vill säga söder om Åland. Då vattendjupet för sjöorre i projektområdet är för stort förväntas arten inte förekomma i Najadernas projektområde mer än högst tillfälligt som viloplats. Betydande antal av t ex knipa, storskrake och vigg kan förekomma i området men i och med att dessa fågelarter huvudsakligen söker föda nära kusten är de sällsynta ute till havs. För lommar, övriga dykänder och alkor (sillgrissla, tobisgrissla och tordmule) finns få indikationer på att de uppehåller sig i några betydande antal i norduppländska vatten under vintern, merparten återfinns då i södra Östersjön. Vid flyttningen vår och höst kan små- och storlom använda området mer frekvent under rastning.

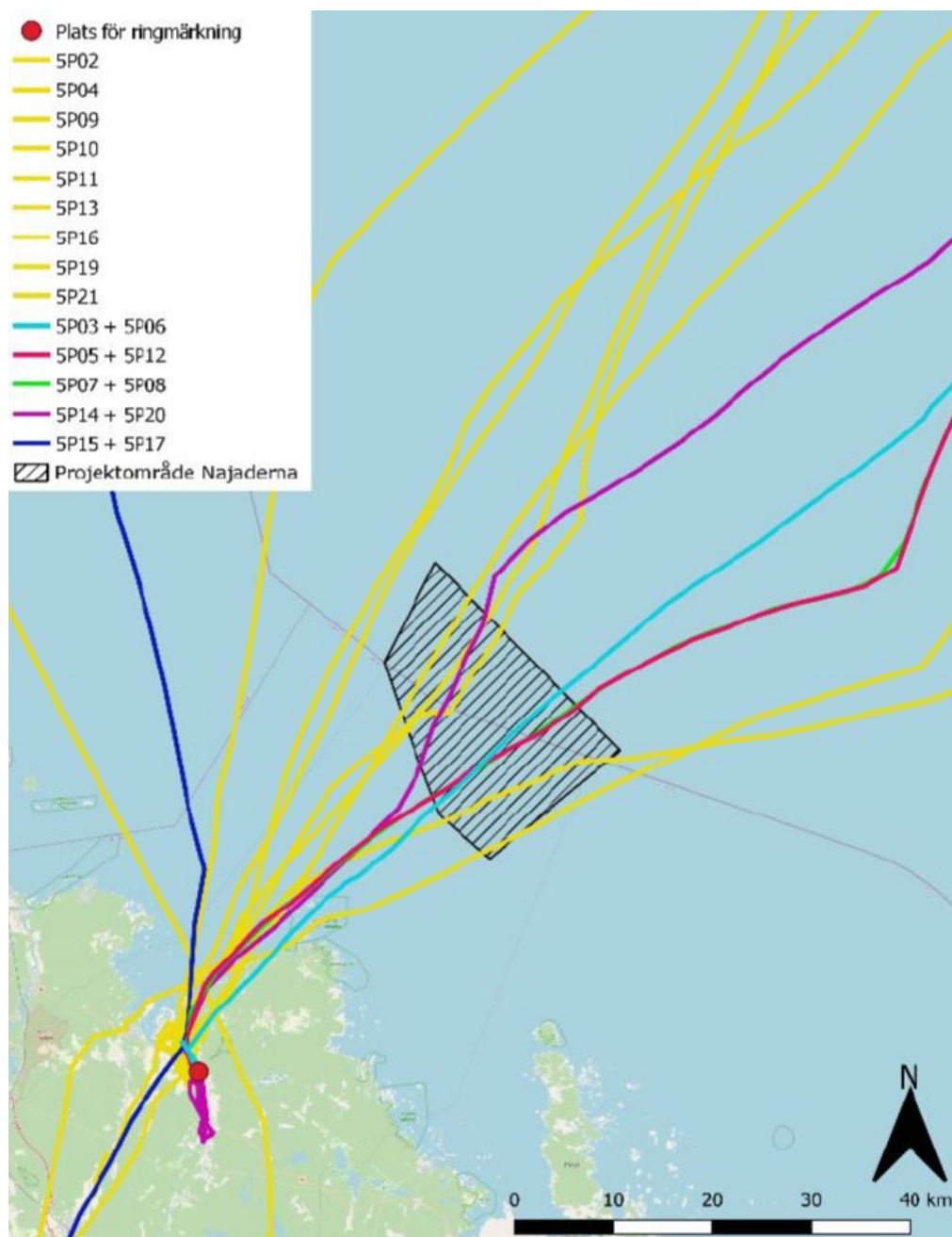
Sångsvan häckar längs kusten och på öar men flyger inte ut för att födosöka på de djup som Najaderna är lokaliserad till.

De genomförda flyginventeringarna visar att det förekommer få eller inga rastande eller födosökande sjöfåglar inom projektområdet för Najaderna. Ytterst få måsfåglar, främst fiskmå och gråtrut men även silltrutar, har noterats i projektområdet.

4.16.3 Migrerande fåglar

Vår och höst passerar ett stort antal fåglar Gävlebukten och södra Bottenhavet under migration mellan fåglarnas häckningsplatser och övervintringsområden, bland annat ett stort antal sjöfåglar. Få sjöfåglar kommer emellertid att flyga in i vindkraftparken då dessa fåglar i väldigt hög utsträckning undviker att flyga in i vindkraftparker vid aktiv migration. De sjöfågelsarter som under migration kommer i kontakt med vindkraftparken Najaderna har förväntad undvikandegrad av åtminstone 99 %, vilket ger en ytterst liten kollisionsrisk även om de flyger genom vindkraftparken.

Enligt de undersökningar som gjordes i mars–april 2023 kan vårmigrationen av sångsvanar vara betydande över Najaderna (Lötberg m fl, 2023b). Lötberg m fl (2023b) bedömde att omkring 10 600 sångsvanar lämnade norra Uppland och Lövstabukten under våren 2023 och att cirka 7 200 individer passerade genom eller i direkt närhet till projektområdet Najaderna, se Figur 29.

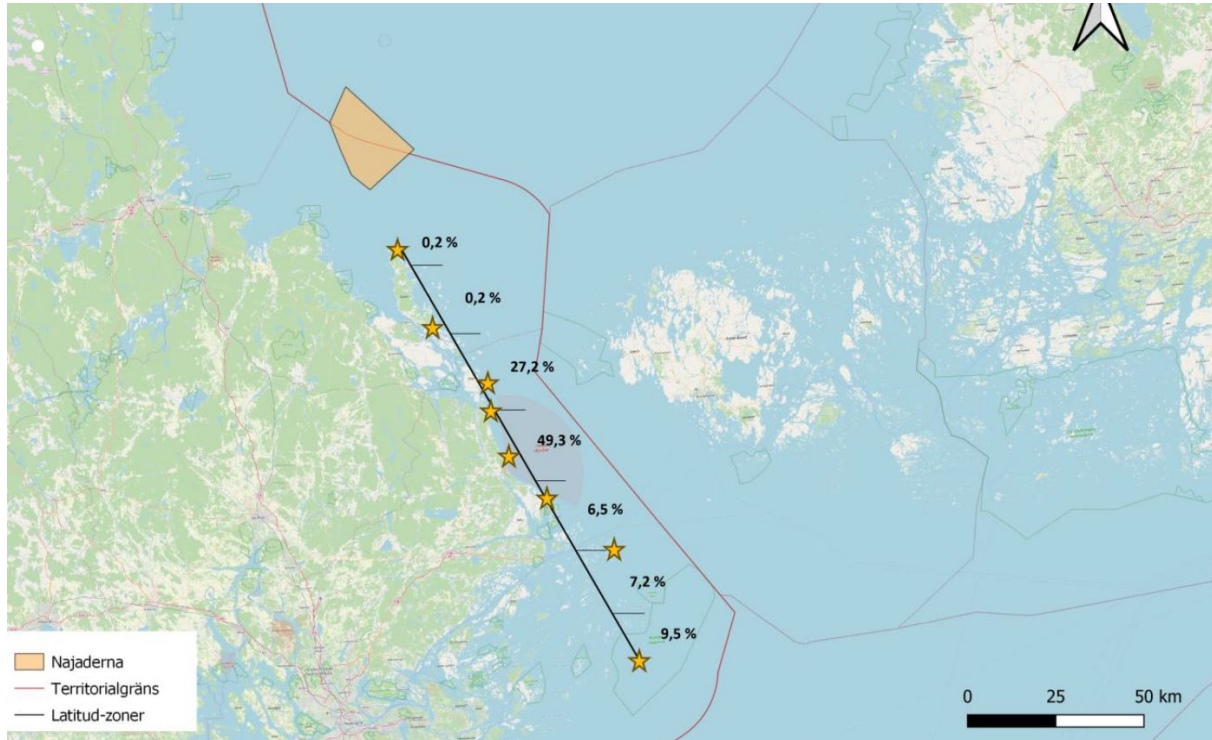


Figur 29. GPS-försedda sångsvanars stäckning under vårmigrationen i mars–april 2023. De olika strecken representerar olika individer (källa: Bilaga C.8).

Det finns en dokumenterad migrationsrörelse över Bottenhavet av tajgasädgås där omkring 50 000 individer, motsvarande omkring 70 % av världspopulationen, passerar Ålands hav och Bottenhavet under migration vår och höst. Tajgasädgåsens sträckning är likartad med sångsvanarnas över Bottenhavet.

Havsörn har ett talrikt uppträdande längs kusten men vistas mest frekvent över land och flyger sällan långt ut till havs för att födosöka. Det kan dock inte uteslutas att havsörn ibland flyger genom projektområdet.

Utifrån rapporterna i Artportalen kan konstateras att majoriteten av flyttande rovfåglar angör Upplandskusten en bra bit söder om Ålands norra kustområden och flyger således den kortaste vägen över Ålands hav. Flyttande rovfåglar är därför sällsynt förekommande inom projektområdet, se Figur 30.



Figur 30. Fördelning av flyttande rovfåglar längs den uppländska kusten från Örskär i norr till Svenska Högarna i söder under höstarna 2002–2021 enligt uppgifter från Artportalen. Gula stjärnor markerar välbesökta lokaler, procentalen avser andelen sträckande rovfåglar inom var och en av de sju latitud-zonerna (källa: Bilaga C.5).

Nattetid migrerar många fåglar, främst småfåglar, över Östersjön på relativt hög höjd, cirka 60 % på över 400 meters höjd. Nattmigrationen är som intensivast vid svaga vindar (helst medvind) och klart väder utan nederbörd. Det saknas data på migrationsflöden av nattmigrerande småfåglar genom projektområdet, men det är högst sannolikt att uppträdandet liknar det som dokumenterats på andra platser i Östersjön i olika studier.

4.17 Fladdermöss

Nattbakka Natur har genom en skrivbordsstudie undersökt förekomst av fladdermöss i området för Najadernas vindkraftpark, se Bilaga C.9.

För havsbaserade vindkraftparker som är placerade på minst 15 kilometers avstånd från kusten är det framför allt säsongsmigrerande fladdermöss som bör beaktas (Najadernas projektområde är som närmast beläget 17 kilometer från fastlandets kustlinje). Migrerande fladdermöss rör sig söder ut längs med Östersjöns kustlandskap under hösten och tillbaka norrut under våren. De svenska fladdermusarterna som klassas som migrerande arter är större

brunfladdermus, trollpipistrell, gråskimlig fladdermus, dvärgpipistrell, sydfladdermus och mindre brunfladdermus.

Fladdermössens huvudsakliga migrationsperiod sker från mitten av augusti och genom hela september. Vårmigrationen i nordöstlig riktning är inte lika uttalad men har en topp i april-maj. Kända migrationsmönster i Östersjön återfinns främst från studier gjorda i Lettland och norra Kvarken mellan Umeå och Vasa, Finland. Där emellan råder en större osäkerhet.

Baserat på känd kunskap om fladdermusmigration är det sannolikt att fladdermöss utnyttjar den kortaste vägen över havet eller sträckor där det finns öar att rasta på. I mellersta delen av Östersjön är det därför sannolikt att fladdermössen främst utnyttjar migrationsrutter via den åländska skärgården, Ösel, Gotland, Öland och Bornholm. Detta bör vidare innebära att fladdermössen sannolikt inte väljer flygvägar norr om Åland och inte passerar Najadernas projektområde. Det kan dock fortfarande inte uteslutas att fladdermöss ibland rör sig över öppet hav. Man känner också till att fladdermöss kan födosöka långt utanför kusten, 10–15 kilometer, om väderförhållandena är tillåtande. Se Figur 31 för migrationsrutter.



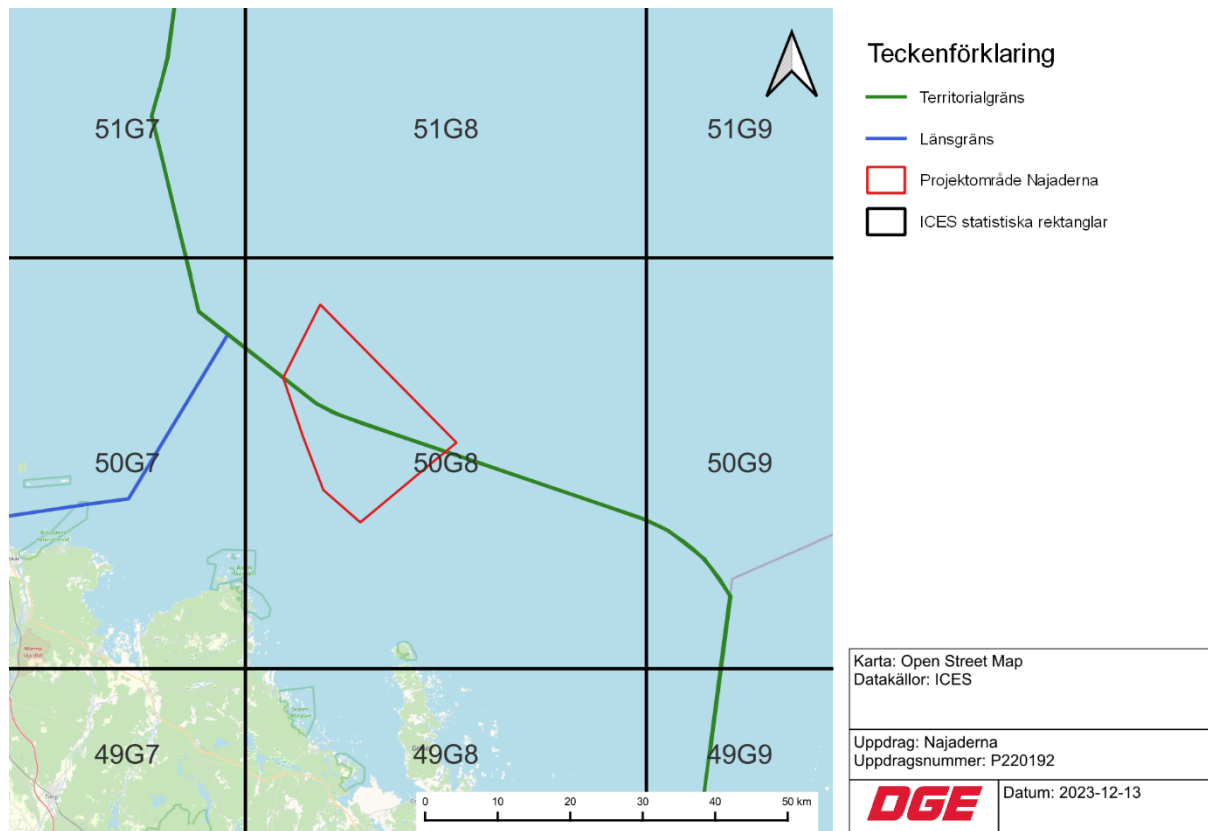
Figur 31. Bekräftade (röd pil) och tänkbara migrationsrutter (streckad pil) (källa: Bilaga C.9).

4.18 Yrkesfiske

DGE har genomfört en yrkesfiskeutredning i projektområdets närområde.

Utredningen har utgått ifrån internationella havsforskningsrådets, International Council for the Exploration of the Sea (ICES), indelning av fångstområden i haven samt inhämtat landningsstatistik från Havs- och vattenmyndigheten.

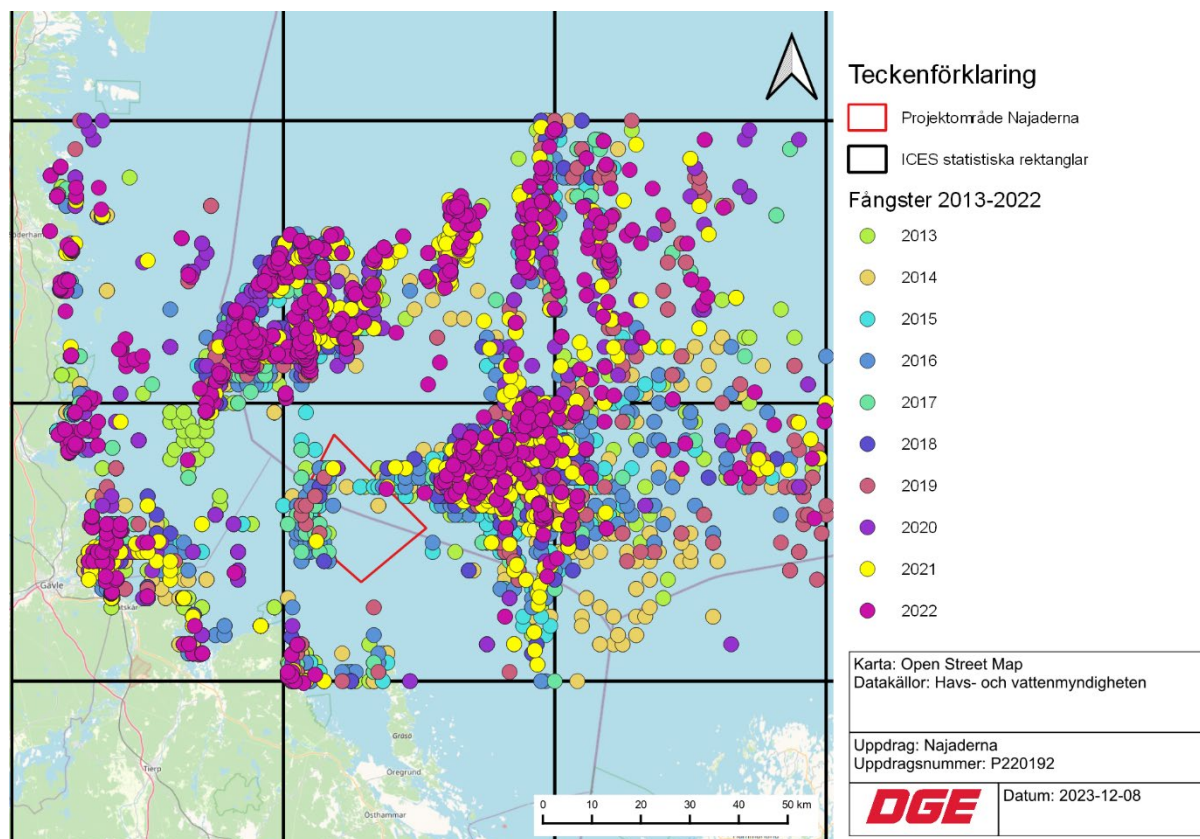
Najadernas projektområde är beläget inom ICES delområde (subdivision) 30 vilket utgör Bottenhavet. ICES delar vidare in havet i statistiska rektanglar som kan användas för statistik och vetenskapliga analyser. Najadernas projektområde ligger inom den statistiska rektangeln 50G8, se Figur 32.



Figur 32. Studerat område med tillhörande statistiska rektanglar (källa: Havs- och vattenmyndigheten).

Statistik, inhämtad från Havs- och vattenmyndigheten, mellan åren 2013–2022 visar att sillfisket dominerar och utgjorde 97 % (119 369 ton) av den totala kvantiteten landad fisk i samtliga studerade rektanglar (122 795 ton), se Figur 32.

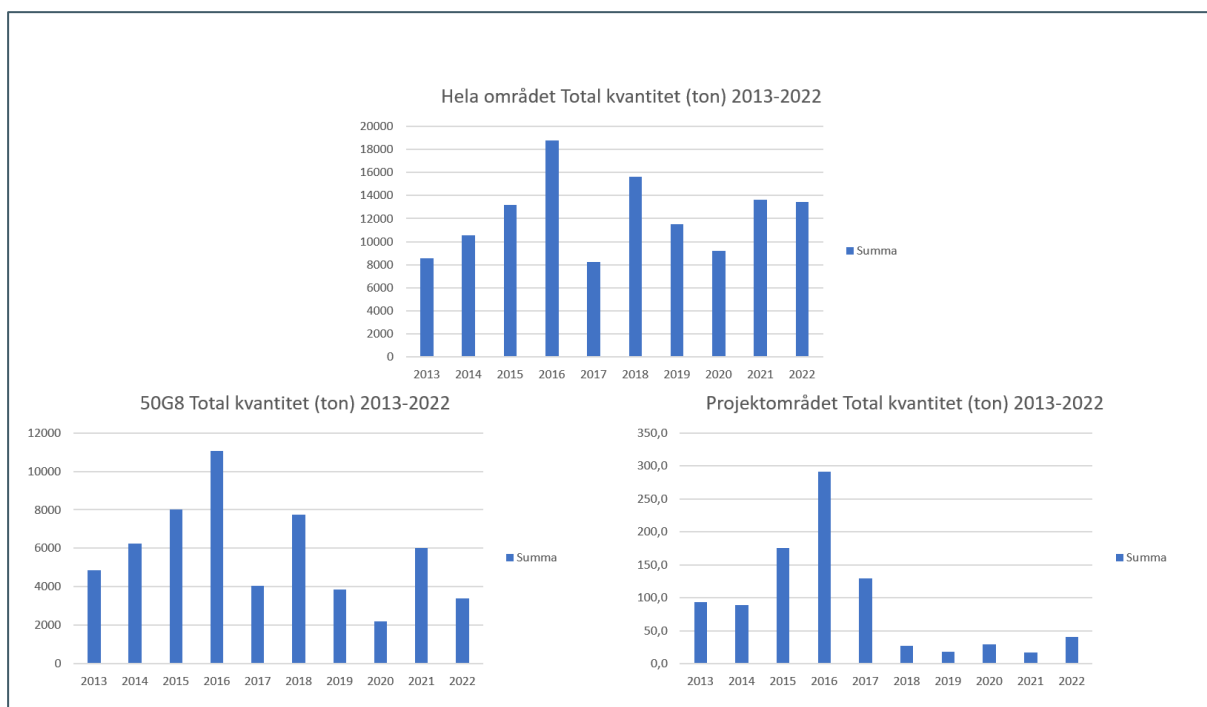
En majoritet av landningarna i det studerade området har skett inom rektangel 50G8. Av den totala kvantiteten landad fisk under den aktuella tioårsperioden härstammar cirka 47 % (57 469 ton) av landningarna från rektangel 50G8. De flesta landningarna har skett öster om projektområdet, se Figur 33, och landningarna inom projektområdet uppgår till 0,7 % (909 ton) under denna tidsperiod.



Figur 33. Registrerade landningar mellan åren 2013–2022 (källa: Havs- och vattenmyndigheten).

Efter år 2016 syns en nedgång i fångad kvantitet i rektangel 50G8, vilket även reflekteras i fisket inom projektområdet. Samma nedgång syns inte sett till hela det studerade området vilket tyder på att fisket i stället förhållandevis sett har ökat i de omkringliggande rektanglarna under de senare åren, se Figur 34.

Delar man upp tioårsperioden i två delar, 2013–2017 och 2018–2022, stod rektangel 50G8 för 67 % (34 254 ton) av de totala landningarna (59 329 ton) under den tidigare perioden. Under denna period fångades 1,3 % (778 ton) från projektområdet. Mellan 2018–2022 stod samma rektangel för 37 % (23 215 ton) av den totala fångsten (63 466 ton). Under samma period landades 0,2 % (132 ton) inom projektområdet.



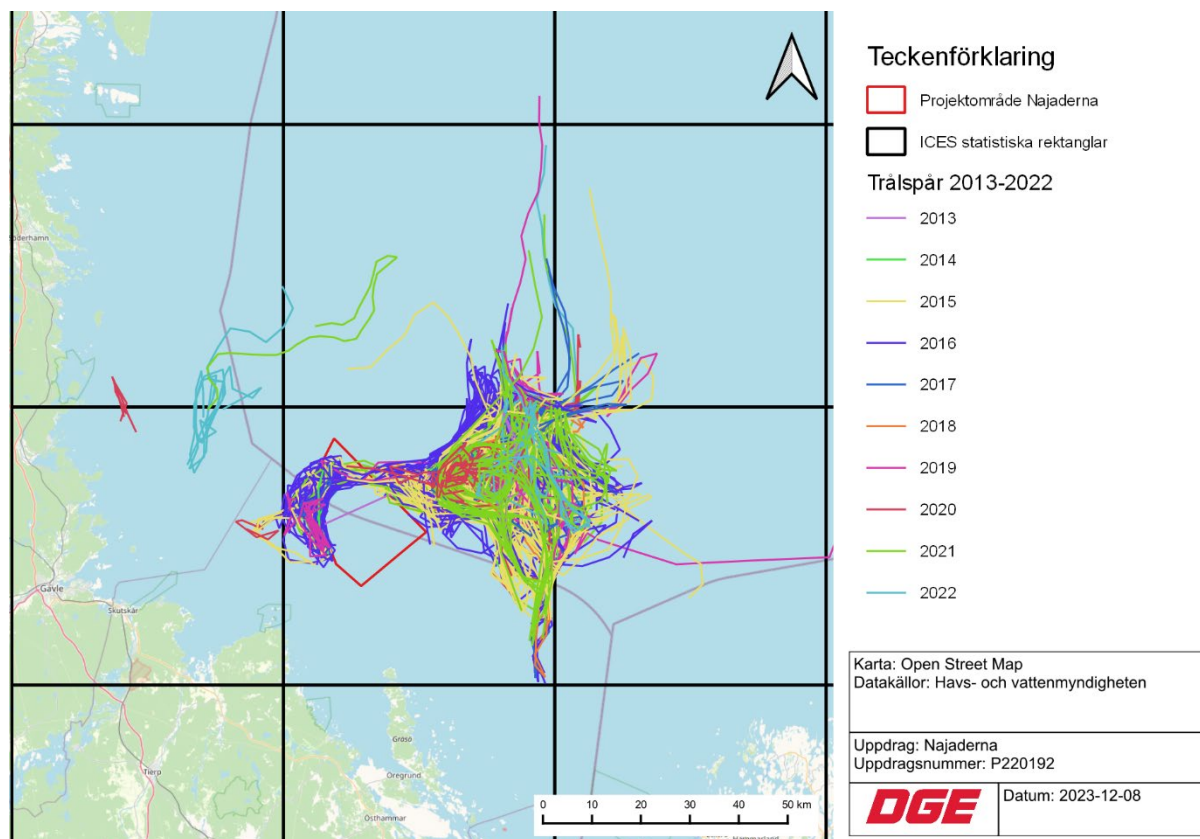
Figur 34. Total landad kvantitet från hela det studerade området, ruta 50G8 och inom projektområdet (källa Havs- och vattenmyndigheten).

Från Havs- och vattenmyndigheten har även statistik gällande tråldrag i området inhämtats. Mellan åren 2013–2022 har 1 600 tråldrag registrerats, se Figur 36, varav pelagisk trålning dominerar och står för 85 % (1 363 st) av tråldragen. Resterande drag består av bottentrålning. Bottentrålning registrerades senast år 2017.

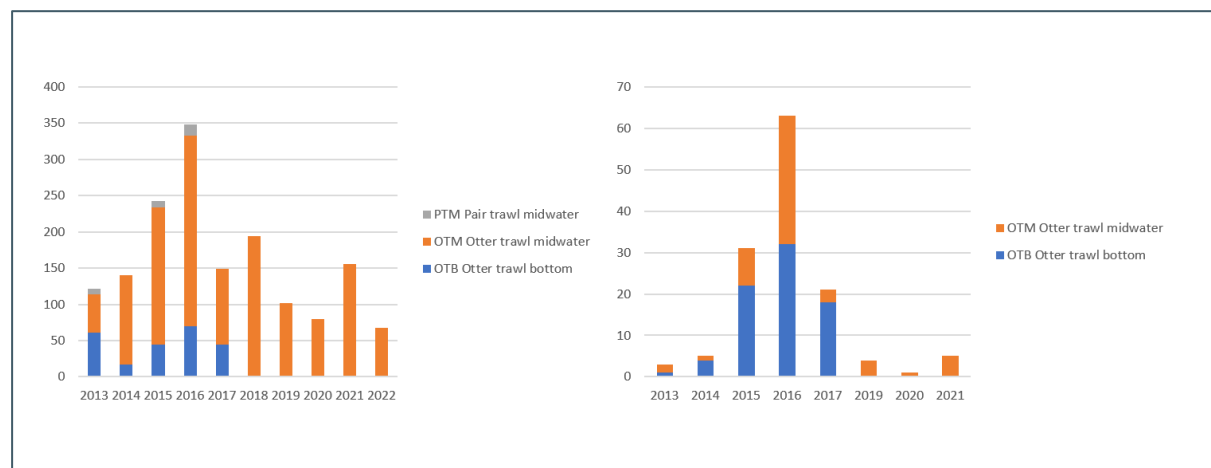
Nästan samtliga av tråldragen, 1 590 av 1 600, har startats i eller gått igenom rektangel 50G8. Likt landningsstatistiken förekommer majoriteten av tråldragen öster om projektområdet, se Figur 35.

En större del av de totala tråldragen skedde mellan 2013 och 2017, 1 000 st, och under resterande period registrerades 600 drag.

Inom projektområdet har totalt 133 (8 %) tråldrag registrerats varav 77 av dragen bestått av bottentrålning, vilket motsvarar 32 % av alla bottentråldrag i hela området. Mellan 2013 och 2017 registrerades totalt 123 tråldrag och under resterande period, 2018–2022, endast 10 st. Under år 2018 och 2022 registrerades inga tråldragningar inom projektområdet.



Figur 35. Registrerade tråldrag mellan åren 2013 och 2022 (källa: Havs- och vattenmyndigheten).



Figur 36. Totalt antal registrerade tråldrag fördelade mellan pelagisktrålning (redovisas uppdelat på två olika trålmetoder) och bottenrålning (källa: Havs- och vattenmyndigheten).

4.18.1 Sillfiske

Som tidigare nämnts domineras fisket i området av strömmingsfiske och sett till de svenska strömmingskvoter som tilldelas Bottenhavet/Bottenviken har under perioden 2013–2022 totalt över hälften av kvottilldelningarna fångats inom det studerade området, se Tabell 5 Som mest landades år 2018 99 % av Bottenhavet/Bottenvikens tilldelade kvot i området.

Kvoterna (hämtade från Havs- och vattenmyndigheten, 2023) har under den aktuella tidsperioden fluktuerat och låg som högst åren 2013–2017, cirka 20 000–25 000 ton. Därefter skedde en minskning i kvoterna 2018–2020, cirka 11 000–15 000 ton, för att sedan åter stiga till cirka 20 000 ton de sista två åren under den aktuella tidsperioden.

Tabell 5. Tilldelade strömmingskvoter i Bottenhavet/Bottenviken, andelen landad strömming samt ekonomiska värden i det studerade området (Källa Havs- och vattenmyndigheten).

Ar	Total fångst (ton)	Strömmingskvot Bottenhavet/Bottenviken (ton)	Andel	Ekonomiskt värde baserat på årssnittspriser i Bottenhavet
2013	8 371	19 095	44 %	Ingen uppgift
2014	10 271	24 823	41 %	Ingen uppgift
2015	12 963	28 574	45 %	Ingen uppgift
2016	18 203	21 774	84 %	Ingen uppgift
2017	8 063	25 399	32 %	Ingen uppgift
2018	15 035	15 240	99 %	102 milj SEK
2019	11 175	15 979	70 %	88 milj SEK
2020	9 080	11 712	78 %	69 milj SEK
2021	13 096	21 164	62 %	111 milj SEK
2022	13 112	20 058	65 %	144 milj SEK
Totalt	119 369	203 791	59 %	514 milj SEK

Under år 2023 sjönk kvottilldelningen igen till cirka 14 000 ton och under år 2024 sänks kvoten ytterligare till 9 908 ton.

4.19 Sjöfart

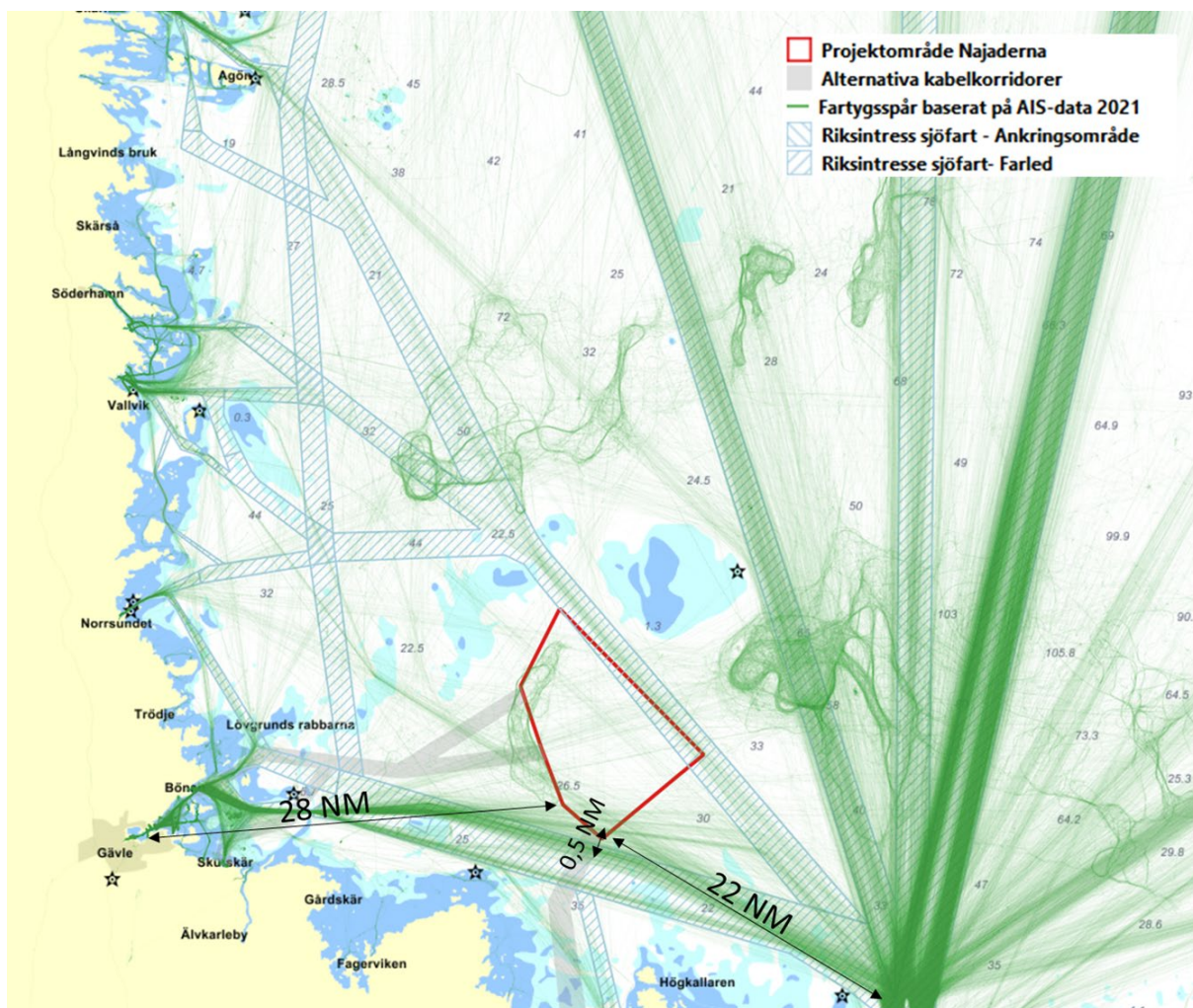
SSPA har genomfört en trafikanalys i projektområdet för Najadernas vindkraftpark och dess närhet, se Bilaga C.10.

Projektområdet gränsar till samt delvis överlappar två utpekade farleder av riksintressen för sjöfarten. Detta gäller Grundkallen–Söderhamn/Hudiksvall i nordöst samt Grundkallen–Gävle i söder. Projektområdet ligger inte inom utpekade riksintresseområden för yrkesfisket.

Analys av trafikintensitet och passagestatistik har gjorts för totalt sex definierade passagelinjer runt projektområdet: trafik norr om projektområdet inom riksintresse, trafik i nordvästlig-sydostlig inom projektområdet, trafik i ost-västlig riktning genom projektområdet, trafik till Gävle hamn, trafik söder om projektområdet inom södra delen av riksintresse, trafik söder om projektområdet inom norra delen av riksintresse samt trafik genom södra delen av projektområdet.

I och omkring projektområdet passerar olika tank-, fiske- och passagerarfartyg både i nord-sydlig riktigt samt ost-västlig riktning. Majoriteten av fartygen är på väg till eller ifrån Gävle och utgörs främst av cargo-fartyg i storlekar 50–150 meter, fartyg upp till 200 meter förekommer också. Tank- och containerfartyg förekommer frekvent. Inom projektområdet

förekommer även mindre fiskebåtar, främst i ost-västlig riktning. I Figur 37 visas trafikmönster i området i och omkring projektområdet.



Figur 37. Projektområdet och trafikmönster i södra Bottenhavet baserat på AIS-data från 2021, kabelkorridorerna omfattas inte av ansökan (källa: Bilaga C.10).

4.20 Luftfart

Luftfartsverket har efter förfrågan från Eolus genomfört en flyghinderanalys avseende Najaderna vindkraftpark, se Bilaga C.11.

Luftfartsverkets analys visar att Najadernas projektområde inte är lokaliserad inom någon flygplats MSA-yta. Inga flygplatser anses därmed berörda av projektområdet för vindkraftparken och således uppkommer inte någon påverkan på luftfarten på grund av den ansökta verksamheten.

Påverkan på luftfart kommer därmed inte att behandlas vidare eller konsekvensbedömas i denna MKB.

4.21 Försvarsintressen

Det finns inga offentligt redovisade försvarsintressen inom projektområdet eller i dess närhet. I samrådet har dock Försvarsmakten anført att det planerade projektet riskerar att medföra påtaglig skada på riksintresse för totalförsvarets militära del som omfattas av sekretess enligt 15 kap 2 § offentlighets- och sekretesslagen (2009:400). Försvarsmakten redogör inte mer specifikt för denna skada, då det enligt myndigheten skulle riskera att avslöja uppgifter vars röjande kan medföra betydande men för totalförsvaret eller i annat fall för rikets säkerhet.

Samrådet omfattade dock även anläggande av exportkablar för landanslutningen med anslutningspunkt Östhammar och Älvkarleby kommun i Uppsala län samt i Gävle kommun i Gävleborgs län. Det går inte av Försvarsmaktens samrådsyttrande att utläsa om riksintresset rör projektområdet eller någon av kabelkorridorerna.

5 Verksamhetsbeskrivning

En teknisk beskrivning av den planerade vindkraftparken finns i Bilaga B till ansökan, denna sammanfattas nedan. I den tekniska beskrivningen beskrivs de tekniska förutsättningarna för etableringen av Najaderna vindkraftpark.

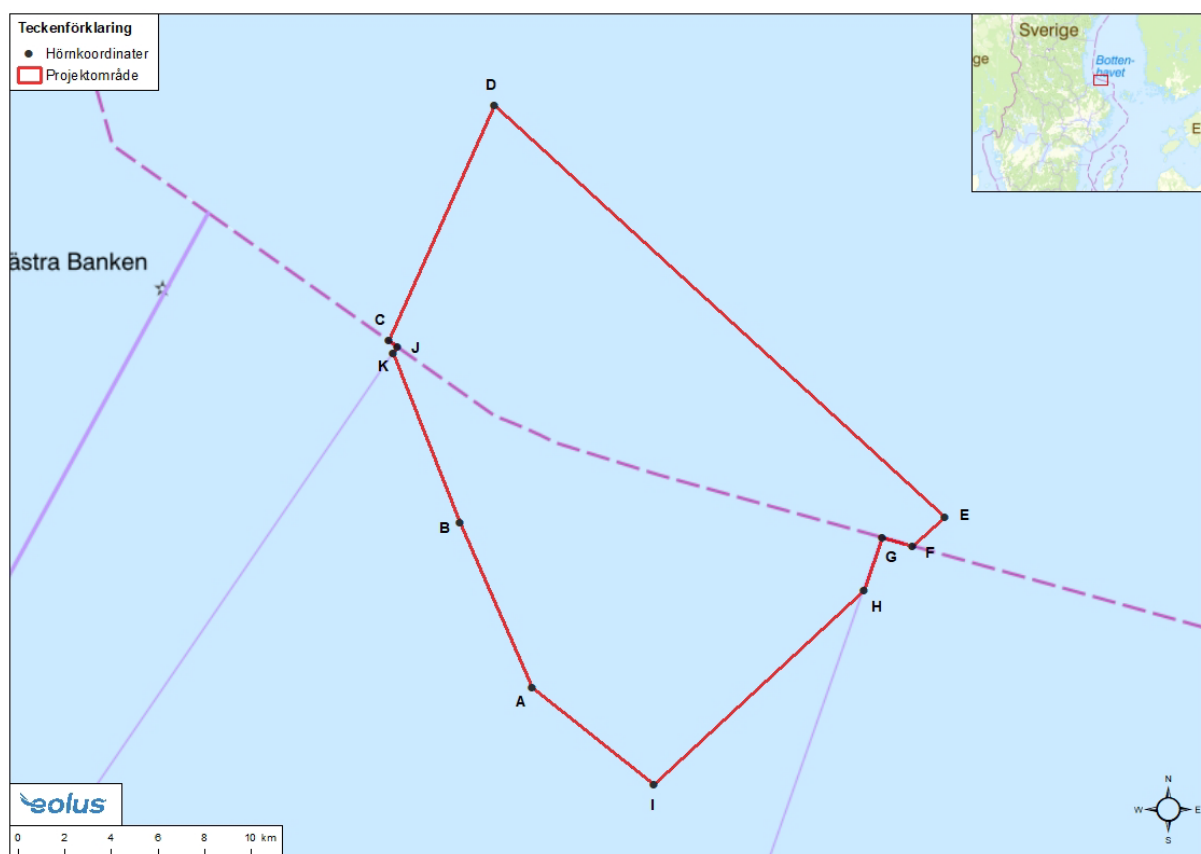
5.1 Utformning av vindkraftparken

Projektområdet utgörs av öppet hav med ett vattendjup mellan cirka 30 och cirka 70 meter. Projektområdet är cirka 350 km² stort (cirka 19–21 km brett i väst/östlig riktning och 21–23 km brett i nord/sydlig riktning) och är lokaliserat i territorialhavet inom Tierps kommun samt i svensk ekonomisk zon. Projektområdets avgränsning visas i Tabell 6 och i Figur 38.

Inom parkens projektområde planeras för maximalt 67 vindkraftverk med en totalhöjd om högst 365 meter över havet och en maximal installerad effekt på cirka 1 700 MW.

Tabell 6. Koordinater för hörnpunkter till projektområdet för Najaderna vindkraftpark i koordinatsystem SWEREF 99 TM samt WGS84.

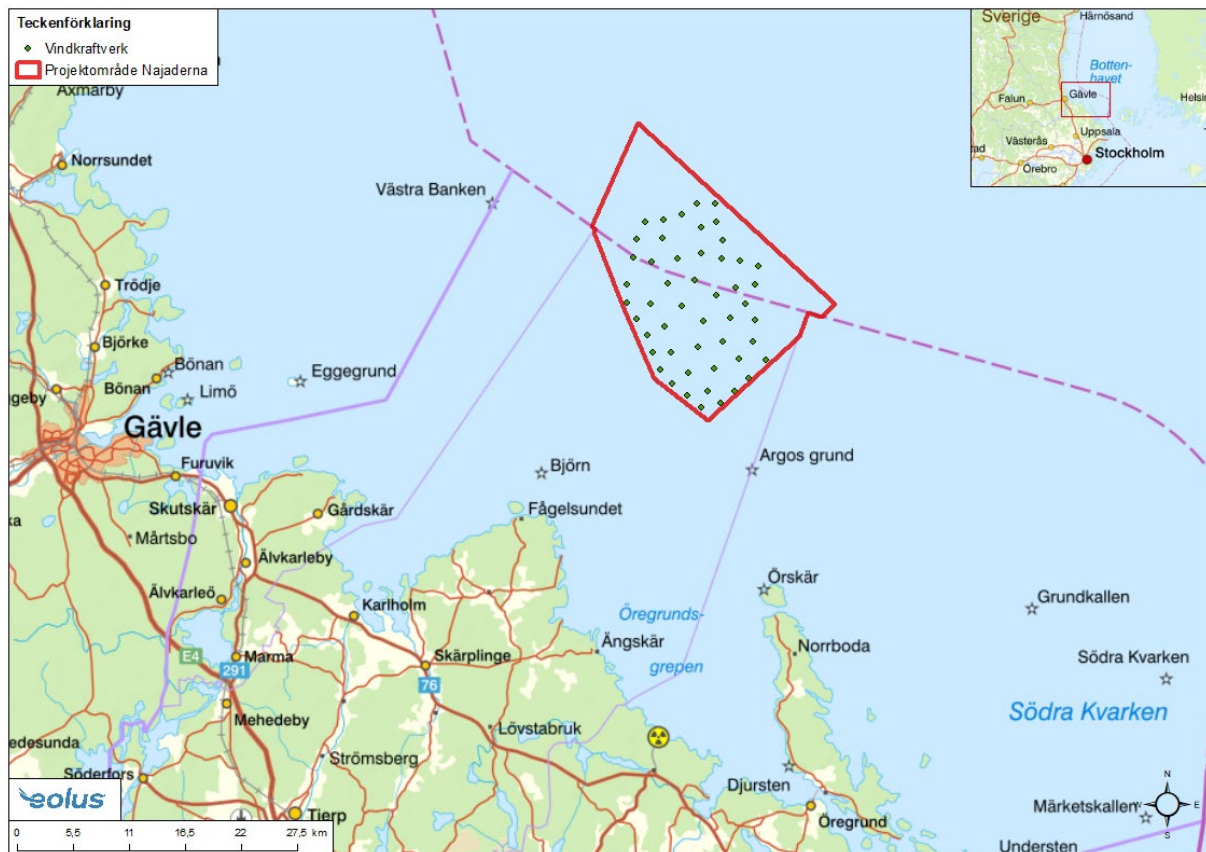
	Sweref 99TM		WGS84	
	Öst	Nord	Öst	Nord
A	674255	6735655	18,194449	60,718348
B	671142	6742749	18,143704	60,783291
C	668074	6750583	18,094225	60,854830
D	672611	6760703	18,186648	60,943601
E	692009	6742998	18,526448	60,776010
F	690625	6741738	18,499853	60,765384
G	689315	6742105	18,476210	60,769297
H	688534	6739834	18,459705	60,749315
I	679498	6731515	18,286587	60,678917
J	668487	6750291	18,101561	60,852037
K	668295	6750014	18,097792	60,849635



Figur 38. Lokalisering av projektområde för Najaderna vindkraftpark (källa: Najaderna Offshore).

Figur 39 visar hur vindkraftparken skulle kunna utformas med 67 vindkraftverk. Layouterna ska ses som exempel och den slutgiltiga utformningen av parken kommer att optimeras i ett senare skede av projektutvecklingen, efter det att alla tillstånd har erhållits. Den slutliga layouten av parken kan därför bli omfatta ett annat antal vindkraftverk och/eller vindkraftverk med annan effekt och/eller andra mått än enligt exempellayouterna. Miljöeffekterna kan emellertid oavsett utformning aldrig bli mer omfattande än med exempellayouten.

Den nuvarande branschstandarden för avstånd mellan vindkraftverk i en havsbaserad park är mellan 4–10 rotordiametrar, med större avstånd i rådande vindriktning och mindre avstånd tvärs denna vindriktning. I exempellayouten nedan är avståndet mellan verken cirka 1 500–2 000 meter.

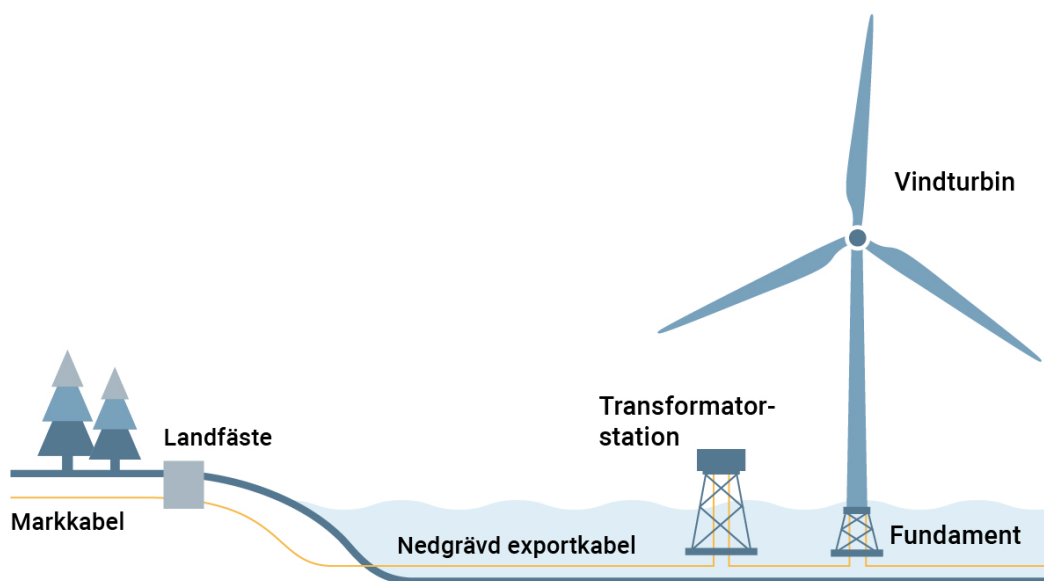


Figur 39. Karta över en exempellayout med vindkraftverkens placering inom projektområdet (källa: Najaderna Offshore).

Med utgångspunkt i exempellayouten och största bottenytan som tas i anspråk bedöms de bottenfasta fundamenten ta i anspråk totalt cirka 87 000 m² bottenyta, vilket utgör cirka 0,02 % av projektområdet. Till detta kommer en plattform eller ett fundament för transformatorstation samt den yta som kabelnätet förväntas påverka vid förläggningen vilken bedöms uppgå till cirka 700 000 m² bottenyta (cirka 0,2 % av projektområdet).

5.2 Beskrivning av parkens komponenter

Vindkraftverken monteras på fundament som anläggs på havsbotten. Vindkraftverken kommer att sammankopplas med varandra via sjökablar i ett internkabelnät. Det interna kabelnätet samlas upp i en eller två transformatorstationer placerade på en plattform med ett fundament i projektområdet. Från transformatorstationen förläggs exportkablar i eller på havsbotten till anslutningspunkten på land. Verksamheten i ansökan omfattar endast vindkraftparken och internkabelnät med omriktar-/transformatorstation(er). Exportkablar omfattas inte av ansökan. I Figur 40 visas en schematisk bild över vindkraftparkens delar.



Figur 40. Schematisk bild över en havsbaserad vindkraftpark med bottenfasta fundament (källa: Najaderna Offshore).

5.2.1 Vindkraftverk

Vindkraftverken som planeras att anläggas i Najaderna vindkraftpark antas få en totalhöjd på maximalt 365 meter över havsytans medelnivå. Installerad effekt för varje enskilt vindkraftverk är beroende av teknikutvecklingen och den teknik som finns tillgänglig vid uppförandet av vindkraftparken. I dagsläget antas den installerade effekten för varje enskilt vindkraftverk uppgå till mellan cirka 15 MW och 20 MW. Tänkbara varianter av vindkraftverk i olika storlekar redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Exempel på dimensioner för vindkraftverk i Najaderna vindkraftpark.

Märkeffekt	15MW	20 MW	20+ MW
Rotordiameter	230 m	290 m	330 m
Navhöjd	145 m	185 m	200 m
Totalhöjd	260 m	330 m	365 m

Vindkraftverken består främst av stål och järn följt av glas/kolkompositer, aluminium och koppar. Ett vindkraftverks delar utgörs av torn, maskinhus och rotorblad, serviceplattform samt styr- och övervakningssystem inklusive meteorologisk utrustning.

Tornet i ett vindkraftverk är den struktur som ger stöd åt verket och består vanligtvis av ett koniskt rörtorn.

Maskinhuset, även kallat nacell, är placerat högst upp på tornet och innehåller system för elektrisk och mekanisk utrustning, så som generator, transformator, styr- och kontrollutrustning.

Rotorbladen på ett vindkraftverk är utformade för att fånga upp vindenergi och omvandla den till rotationsenergi, som sedan kan omvandlas till elektrisk energi av generatoren i maskinhuset. I vindkraftverket finns ett girsystem som vrider maskinhuset så att bladen är vända mot vinden.

Elkablar från generatoren installeras inuti tornet och ned genom fundamentet och ut i havet, för att placeras i de ytliga bottensedimenten fram till ett närliggande vindkraftverk eller transformatorplattformen.

En serviceplattform monteras antingen direkt på fundamentet eller vid övergångsstycket mellan fundament och torn och är nödvändig för att servicetekniker ska kunna genomföra inspektioner, reparationer, felsökning och teknisk support av vindkraftverket. Plattformen utrustas också med olika verktyg och utrustning för underhåll.

Styr- och övervakningssystemet på ett vindkraftverk består av en mängd olika sensorer, mätare och kontrollutrustning. Systemet kan till exempel justera rotorbladens vinkel för att få maximalt utnyttjande av vindenergin eller för att stänga ner vindkraftverket vid för höga vindhastigheter. Styr- och övervakningssystemet kan även övervaka och diagnostisera eventuella problem på vindkraftverket så att dessa kan åtgärdas innan de leder till skador. Även meteorologisk utrustning tillkommer för att kunna övervaka vindhastigheter/-riktningar, luftfuktighet, temperatur och lufttryck.

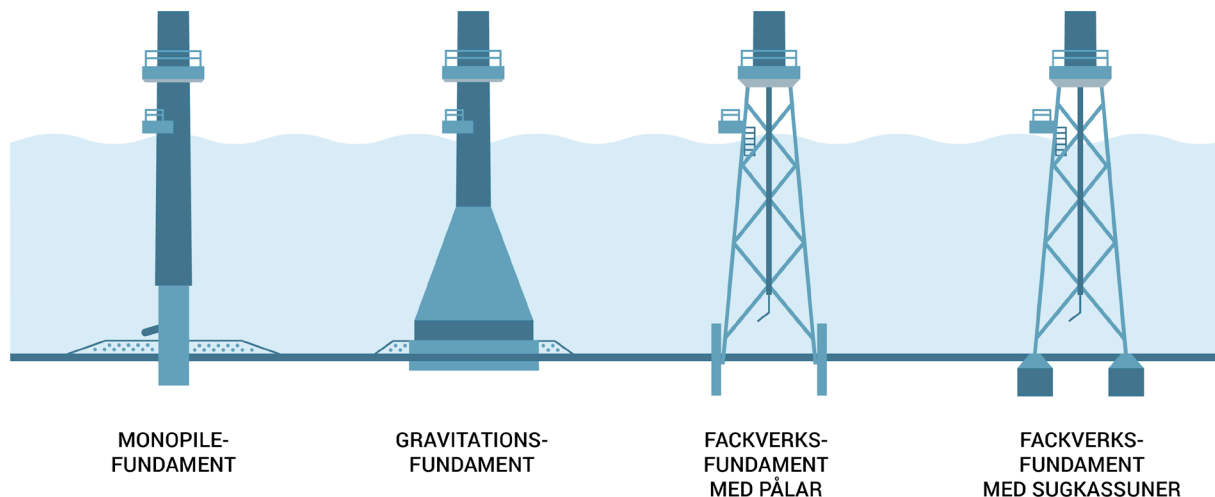
I ett vindkraftverk finns det olika oljor och vätskor. Exempel på typiska oljor och vätskor som normalt behövs för driften av ett vindkraftverk är kylmedel, transformatorolja, smörjolja och hydraulolja. Det kan också finnas bränsle i vindkraftverket för att driva en reservgenerator vid händelse av strömavbrott eller andra driftsstörningar.

Mängden vätskor och oljor i ett vindkraftverk varierar beroende av storleken på vindkraftverket, dess specifika utformning samt tillverkare. De faktiska kvantiteterna av oljor, smörjmedel och övriga vätskor vet man därför först när vindkraftverksmodell har valts.

5.2.2 Fundament

Havsbaserade vindkraftverk kräver särskilda fundament för att stödja strukturen och hålla vindkraftverket stabilt under alla typer av väderförhållanden. Fundamenten är vanligtvis utrustade med påbyggnader inklusive en landgångsanordning för enkel tillgång till verket, ett övergångsstycke, samt en serviceplattform.

Fundament till havsbaserade vindkraftverk finns i olika modeller, se Figur 41. Slutligt val av fundamentstyp sker efter genomförande av detaljerade geotekniska undersökningar inför anläggningsfasen.



Figur 41. Illustration av olika typer av bottenfasta fundament (källa: Najaderna Offshore).

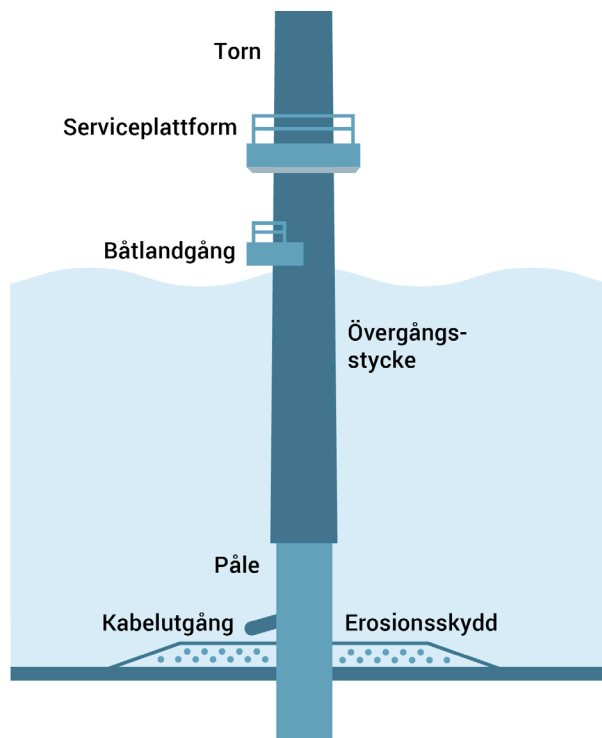
Eftersom flytande fundament är anpassade till större bottendjup än vad som föreligger i projektområdet har projektet beslutat att flytande fundament inte är lämpliga i projektområdet.

Tillverkningen av fundamenten sker på land vilka sedermera transporteras till aktuell position i projektområdet för slutgiltig installation. Specialbyggda installationsfartyg används för att installera fundamenten.

I de följande avsnitten beskrivs de fundament som kan komma att bli aktuella i Najaderna vindkraftpark och utrustning som ska skydda fundamenten.

5.2.2.1 Monopilefundament

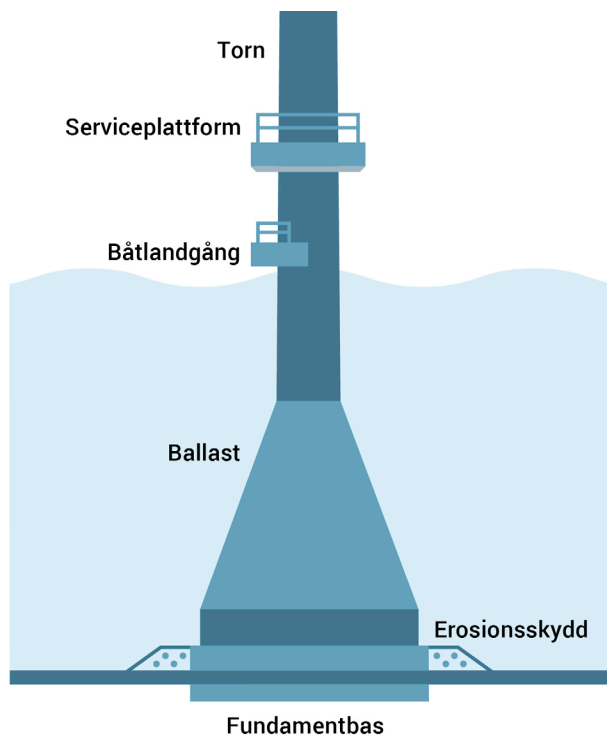
Monopilefundament är stora, cylindriska strukturer och är det vanligaste fundamentet bland de havsbaserade vindkraftverk som för nuvarande är i drift. En schematisk bild av ett monopilefundament finns i Figur 42. För Najaderna vindkraftpark förväntas monopilefundament ha en diameter på upp till cirka 15 meter. Monopilen försänks i havsbotten till lämpligt grundläggningsdjup vilket varierar med lokala förutsättningar inom projektområdet, med förväntade grundläggningsdjup i storleksordningen 35–70 meter.



Figur 42. Schematisk bild av ett monopilefundament (källa: Najaderna Offshore).

5.2.2.2 Gravitationsfundament

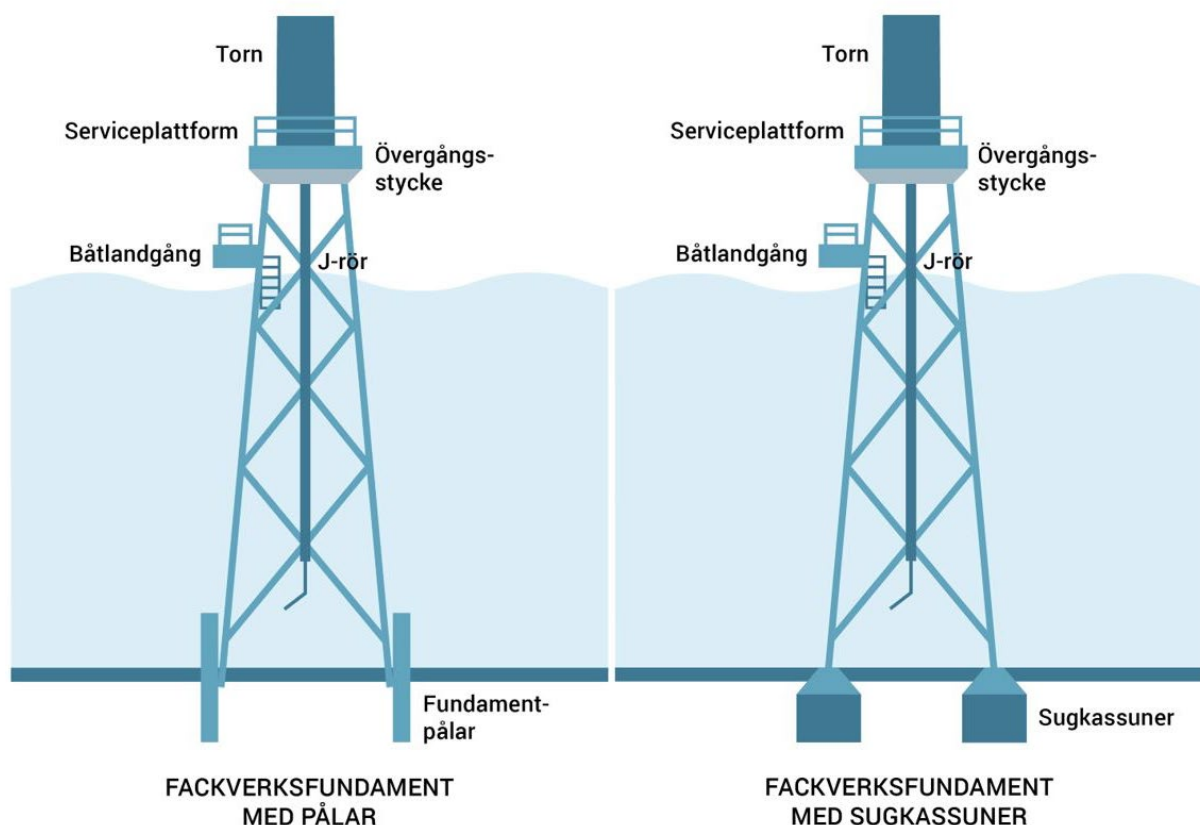
Ett gravitationsfundament används i dagsläget i vattendjup på upp till cirka 30 meter. Goda förutsättningar finns dock för att gravitationsfundament även kan användas på betydligt större djup, t ex har gravitationsfundament använts inom olje- och gasindustrin på ett djup om cirka 100 meter. Designen kan variera beroende på de platsspecifika förhållandena och storleken på vindkraftverket men består vanligtvis av en ihålig stålarmrad betongkonstruktion med en konformad bas följt av en cylindrisk struktur. Gravitationsfundamentet placeras på havsbotten och fylls därefter exempelvis med grus eller sand för att uppnå tillräcklig stabilitet. En schematisk bild av ett gravitationsfundament finns i Figur 43.



Figur 43. Schematisk bild av ett gravitationsfundament (källa: Najaderna Offshore).

5.2.2.3 Fackverksfundament

Fackverksfundament består av en stålram (andra material kan förekomma, till exempel kolfiber, aluminium och betong) med tre eller fyra stödben. En schematisk bild av fackverksfundament visas i Figur 44. Fundamentets ben förankras cirka 35–70 meter ned i botten, genom nerborrade eller nerhamrade pålar, som ger stöd till konstruktionen och hjälper till att fördela belastningen jämnt över konstruktionen. Benens diameter vid havsbotten uppskattas till cirka 2–4 meter. En alternativ metod till pålar är att använda en teknik med sugkassuner som sugas fast i havsbotten genom att vakuum skapas inuti en ihållig stålcylander, som fackverkskonstruktionen sedan förankras i, vilket ger ett något mindre förankringsdjup än vid pålning och benens diameter vid havsbotten är cirka 20 meter.



Figur 44. Schematisk bild av ett fackverksfundament med två olika förankringstekniker (källa: Najaderna Offshore).

5.2.2.4 Erosionsskydd

Erosionsskydd kan behövas för att skydda fundamenten från erosion orsakad av strömmar och vågor, beroende på val av fundament. Storleken beror på de hydrodynamiska förhållandena på platsen. Erosionsskydd byggs vanligtvis upp av ett undre lager av grus och ett övre lager av stenar i blandad storlek.

5.2.2.5 Iskon

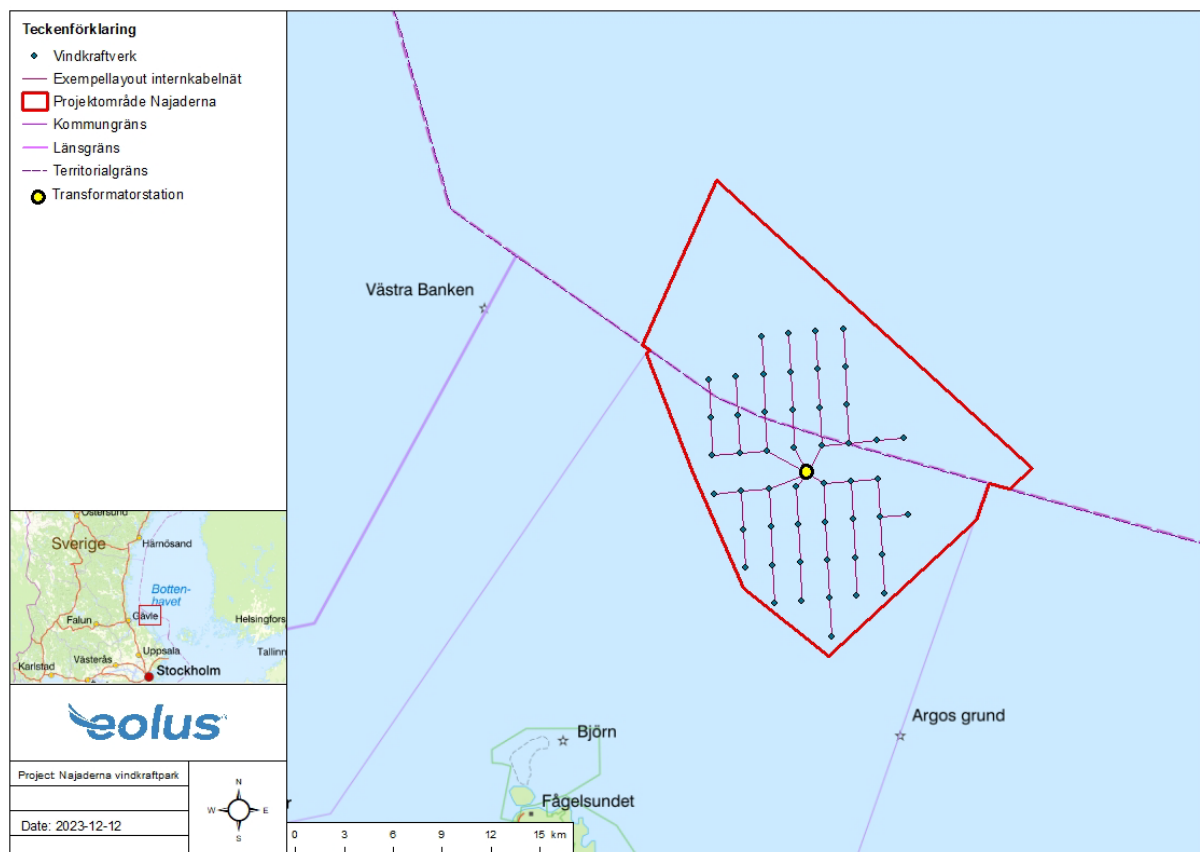
Iskonen används vid konstruktion av havsbaserade fundament i kalla och isiga havsområden och kan tillverkas av olika material beroende på kraven och förhållandena på platsen. Vanligtvis är de gjorda av samma starka och tåliga material som fundamenten. Funktionen hos iskonen är att skapa en lutning på fundamentets yta, vanligtvis i form av en kon, för att leda bort isformationer som kan komma att trycka mot fundamentet.

5.2.3 Hinderbelysning

Hinderbelysning och markering säkerställer att vindkraftparken är synlig för omgivningen och markerar hinder för luft- och sjöfartstrafik för att öka säkerheten och förhindra olyckor. Vindkraftverken kommer att förses med hinderbelysning i enlighet med rådande lagstiftning.

5.2.4 Elnät

Elsystemet i en vindkraftpark består av vindkraftverkens generatorer, det interna kabelnätet mellan vindkraftverken och transformatorstationen. Transformatorstationen placeras på en separat plattform centralt i vindkraftparken och till denna leds och samlas kabelslingorna i det interna kabelnätet. Från stationen dras exportkabel till land, vilka transporterar elen till anslutningspunkten mot det överliggande elnätet. I Figur 45 visas exempel på möjlig utformning av internkabelnätet och placering av transformatorstation inom projektområdet.



Figur 45. Karta med exempel över en möjlig utformning av internkabelnät och transformatorstation inom projektområdet. Transformatorstationen är placerad där samtliga internkabelnät möts (källa: Najaderna Offshore).

Det interna kabelnätet i en havsbaserad vindkraftpark består av bottenförlagda kablar som kopplar samman vindkraftverken med varandra i grupper för att transportera el från vindkraftverken till en transformatorstation. Exakt utformning och placering av kablarna i parken kommer att bestämmas under detaljprojekteringen av vindkraftparken, efter det att storlek, antal och slutlig placering av vindkraftverken har valts.

Sjökablar för det interna kabelnätet är vanligtvis sammansatta av tre en-fasledare med ett fiberoptiskt paket inuti, omgivna av isolerande skärmning och vattentätning. En sjökabel i ett internkabelnät leder växelström och är en högspänningskabel med en typisk nominell spänning på 66 kV eller högre.

En havsbaserad transformatorstation tar via bottenförlagda kablar emot, transformerar upp spänningen och exporterar den elektricitet som genereras av vindkraftverkens turbiner. Transformatorstation placeras vanligtvis nära vindkraftverken för att minimera förlusterna av elenergi. Elektriciteten från vindkraftverken genereras som växelström och beroende av exempelvis avstånd till anslutningspunkten till det överliggande elnätet på land kan en omriktarstation behövas på plattformen, där elen omriktas från växelström till likström. Exakt utformning av transformator-/omriktarstation kommer att bestämmas senare, under vindkraftparkens upphandlings- och detaljprojekteringsfas.

5.3 Anläggningsfas

5.3.1 Förberedande undersökningar och arbeten

För att säkerställa lämpliga positioner för vindkraftverken och det interna kabelnätet behöver geofysiska och geotekniska undersökningar genomföras innan start av anläggningsarbetena. Syftet med dessa är att skaffa kunskap om bottenbeskaffenhet, geologi och de geotekniska förutsättningarna för att designa fundament samt avgöra vilka åtgärder som krävs för att förbereda respektive position för fundamenten och sträckan för kabelläggning. Detaljerad kartläggning av samt röjning av eventuella förekomster av oexploderad ammunition (UXO) kan också behöva genomföras. Röjning av stenblock och draggning kan bli aktuellt om hinder identifieras vid de positioner där fundament och interna kablar planeras att anläggas.

5.3.2 Installation av fundament

Fundamenten tillverkas på land och transporteras sedan till projektområdet för slutlig installation. Specialbyggda installationsfartyg används för att installera fundamenten.

Installationen av monopilefundament innebär att ett stort rör pålas ned i havsbotten med hjälp av en hydraulisk hammare och kräver användning av specialbyggda fartyg, såsom exempelvis jackup-fartyg. Om botten består av hårt material krävs förborring. Ett övergångsstycke monteras på toppen av monopilefundamentet, och på detta monteras sedan tornet.

Vid installation av gravitationsfundament kan havsbotten behöva förberedas genom muddring och schaktning eller fyllning av bottenmaterial för att skapa en fast och plan yta. Gravitationsfundament transporteras därefter till korrekt position med hjälp av en flytande kran, kranpråm eller med hjälp av bogserbåtar och stödfartyg. Gravitationsfundamenten sänks ner till havsbotten och stabiliseras genom sin design och egen vikt ovanpå havsbotten. Väl på plats fylls fundamentet exempelvis med sand, sten eller dylikt.

Vid installation av ett fackverksfundament, transporteras fundamentet med installationsfartyg och sänks sedan ner till havsbotten med hjälp av en kran. Installationen görs med pålning eller med sugkassuner. Vid pålning görs detta antingen genom att flera mindre pålar först pålas ner och förankras i havsbotten varpå fackverkskonstruktionen fästs i pålarna eller genom att pålning sker i samband med att fundamentet anläggs. Vid anläggning med sugkassuner placeras sugkassunen på havsbotten, varefter vattnet i den pumpas ut via en cylinder och ett vakuum skapas inuti. Detta vakuum, tillsammans med vattentrycket utanför cylindern, gör att cylindern sugas ner i sedimentet. När cylindern är ordentligt på plats kan en cementblandning

injiceras i eventuella kvarvarande luftspalter i cylindern för att fylla dessa och skapa ökad stabilitet.

5.3.3 Installation av vindkraftverk

Den vanligaste metoden innebär att tornet är förmonterat i två eller tre delar och transporteras ut till vindkraftparken för installation på plats till havs. Tornet lyfts på plats och förankras i fundamentet av ett kranfartyg. Två eller tre rotorblad kan antingen förmonteras i navet innan navet monteras på tornet och maskinhuset, alternativt installeras rotorbladen ett åt gången när maskinhuset och navet redan monterats på tornet.

Transporten av vindkraftverkskomponenterna och själva installationen sker med specialanpassade installations- och transportfartyg. Vindkraftverkens komponenter kommer att transporteras från den eller de hamnar som valts som installationshamn, alternativt från en hamn som ligger nära leverantören av komponenterna.

5.3.4 Anläggning av internt kabelnät

De huvudsakliga metoderna för anläggning av kabelnätet i Najaderna vindkraftpark bedöms vara:

- Plogning där kabelsystemet läggs och grävs ned i havsbotten i en samtidig process.
- Spolning med spolmaskin som lösgör bottenmaterialet under kabeln vilket medför att kabeln sjunker ner i sedimenten.
- Nedläggning i förgrävt dike.
- Genom en metodik där kabelsystemet först läggs ner på havsbotten och därefter grävs ned av en dikesgrävare (kallas PLB).

Önskat djup vid förläggning av kablar är cirka 1–2 meter ner i havsbotten för att de då skyddas mot exempelvis fiskeaktiviteter, ankare och draggning. Valt förläggningsdjup kommer att variera beroende på rådande bottenförhållanden, lokala strömningsförhållanden, samt bedömd skaderisk på kablarna.

5.3.5 Installation av transformatorstation

Installationen innefattar förberedande arbeten och montering, transport av komponenterna och montering av dessa ute i vindkraftparken. Efter montering testas och justeras den elektriska anläggningen.

5.3.6 Transporter

Under anläggningsfasen kommer specialanpassade installationsfartyg, säkerhetsfartyg samt fartyg för transporter av komponenter och personal att användas.

Beroende på val av fundamentstyp som ska installeras används olika installationsfartyg. En vanlig typ är stödbensfartyg (Jack-up-fartyg) som har förmågan att sänka ned ben på havsbotten som lyfter upp skrovet ur vattnet för att skapa en stabil arbetsplattform. Basen på benen på ett jack-up-fartyg kan täcka en yta på upp till totalt cirka 1100 m². "Fotavtrycken" som lämnas på havsbotten återställs genom naturliga processer. Ett alternativ är

installationsfartyg som stabiliseras genom rörelsekompensation. Det är först vid tidpunkten inför projektets genomförande som beslut om typ av installationsfartyg kan tas.

I Tabell 8 redovisas ett förväntat scenario för fartygsbehovet under projektets installationsfas. Scenariot utgår från det maximala behovet. Samtliga fartyg enligt tabellen kommer inte att vara aktiva samtidigt utan används i olika faser.

Tabell 8. Förväntad fartygstrafik under installationsfas.

Arbetsmoment	Antal fartyg
Förberedelser och installation av fundament och torn (inklusive övriga plattformar)	1–5 styckegods-fartyg eller däckslastfartyg för fundamentalsdelar och bladhantering 1–5 transportpråmar för hantering av andra element 1–2 lastfartyg för transport och hantering av maskinhus 1–2 installationsfartyg, självgående eller bogserade jack-ups 5–10 bogserbåtar för olika aktiviteter, däribland assistens vid hamnmanövrar och bogseringsuppdrag 1 stenlägningsfartyg 1 muddringsfartyg
Maskinhus och blad	1–2 installationsfartyg för monteringsarbeten 1–2 supportfartyg
Kabelförläggning och kabelinstallation	1–2 kabelförlägningsfartyg för internkabelnätet 1–2 transportfartyg för leverans och matning av kablar på plats (om behov finns) 1–2 supportfartyg för anslutning och installation av undervattenskablar 1–2 fartyg för support av dykaktiviteter, undervattens-ROV-drift och plogning
Övriga aktiviteter	1–5 fartyg för transport av besättning vid personalbyten (från/till land och inom vindkraftparken) eller av mindre utrustning 1–2 hotellfartyg, endast vid behov 1–2 UXO-fartyg för röjning av oexploderad ammunition 1–2 undersökningsfartyg för geofysiska och geotekniska arbeten, om sådana utförs 1–2 fartyg för att genomföra mitigationsåtgärder, såsom användning av bubbelgardiner eller andra bullerreducerande tekniker.

5.4 Driftsfas

5.4.1 Drift och underhåll

Under driftsfasen för Najaderna vindkraftpark kommer kontinuerligt underhåll av vindkraftverken och kablar att genomföras för att säkerhetsställa säkerhets- och miljökrav. Moment som innefattas är bland annat planerade underhåll, oplanerade underhåll baserade på verkens övervakningssystem, reparationer, akut/nödunderhåll samt inspektion och reparationer av undervattenskablar.

Planerade underhåll antas göras ungefär tio gånger per vindkraftverk per år. Slutligt drift- och underhållssystem utformas efter att erforderliga tillstånd erhållits och i samarbete med leverantör av utrustning. I Tabell 9 redovisas ett förväntat scenario för fartygsbehovet under projektets driftsfas.

Tabell 9. Förväntad fartygstrafik under driftfasen.

Typ	Antal fartyg
Permanent serviceflotta	1–4 fartyg för transport av besättning vid personalbyten och mindre transporter av utrustning. 1–3 servicefartyg för löpande underhåll av vindkraftparken, med boendetrymmen för servicetekniker och reservdelslagring.
Tillfällig serviceflotta för oplanerade driftstopp eller servicebehov	1 jack-up fartyg eller motsvarande för planerade byten av komponenter och tunga lyft. 1 installationsfartyg vid större underhållsarbeten, exempelvis bladbyte. 1–2 lastfartyg för leverans av nya och bortforsling av uttjänta delar (om det inte går att hantera med installationsfartyget). 1–2 support- och försörjningsfartyg som bistår serviceprocessen.

5.4.2 Risk och säkerhet

Huvudsakliga områden för risk och säkerhet rör isdetektering och avisningssystem, brandskydd och säkerhet, hinderbelysning och markering samt säkerhetszon.

I nordiska förhållanden uppkommer isbildning främst vid 0°C och hög luftfuktighet, exempelvis vid underkylt regn. Isbildning kan innebära säkerhetsrisker, i första hand för servicepersonal som vistas frekvent i närheten av vindkraftverken och risk för obalans i rotorn. Isbildning förebyggs genom val av ytbehandling eller någon form av värmning av rotorbladen. Det är också viktigt med regelbunden kontroll och underhåll. Vid för stora islaster stängs berörda vindkraftverk av för att förhindra skador på fundament och infrastruktur.

Det är ovanligt med bränder i vindkraftverk. Tänkbara orsaker kan vara blixtnedslag, elfel eller varmgång. Vindkraftverken kommer att förses med askledare, för att undvika skador som orsakas av blixtnedslag. Vindkraftverkens styrsystem innefattar övervakning så att dessa stannar vid för hög temperatur. Vidare kommer vindkraftverken vara utrustade med aktiva brandskyddssystem, såsom brandlarm och system för brandsläckning och rök bortledning. Passiva brandskyddsåtgärder tillämpas för att förebygga att bränder uppstår och sprider sig, till exempel genom användning av brandbeständiga material och installation av brandbarriärer och branddörrar.

Vindkraftverk är konstruerade för att tåla vind och hårt väder och påverkas generellt sett inte av yttre händelser. Mycket hårda vindar kan dock slita på vindkraftverkens rörliga delar vilket riskerar att skada verket. Vid sådana vindar vinklas därför vindkraftverkens rotorblad med hjälp av automatiserad teknik så att en större andel vindenergi släpps förbi. Detta gör att skadliga laster från vinden undviks. När vindhastigheten över en säkerhetsgräns stängs vindkraftverken av för att undvika skador.

Hinderbelysning och markering säkerställer att vindkraftparken är synlig för omgivningen och markerar hinder för luft- och sjöfartstrafik för att öka säkerheten och förhindra olyckor. Hinderljusen ska placeras så att vindkraftverken blir synliga i alla riktningar för annalkande luftfartyg.

Vindkraftverkens torn kan också komma att märkas med identifikationsnummer, reflekterande områden och färg, vilket syftar till att indikera den segelfria höjden.

Vindkraftverken kan även komma att utrustas med en RACON (radar), en dimsignal (en ljudsignal för att varna omgivningen vid nedsatt sikt) och en AIS (Automatic Identification System) för att bidra till att förbättra synligheten för förbipasserande fartyg.

Slutlig utformning av hinderbelysning och markering av Najaderna vindkraftpark kommer att anpassas och utformas enligt vid tidpunkten för uppförandet gällande bestämmelser.

Under anläggningsfasen upprättas vanligtvis säkerhetszoner runt arbetsfartygen och vindkraftverken för att skydda anläggningen, personalen och tredje part. Säkerhetszonerna kommer att märkas med tillfälliga markeringar och hinderbelysning enligt gällande bestämmelser. Den slutliga utformningen av säkerhetszonerna och hindermarkeringarna kommer att tas fram i samråd med relevanta myndigheter. Efter driftsättning förväntas en begränsad radie om cirka 50 meter runt varje vindkraftverk att betecknas som en otillåten tillträdeszon.

5.5 Avvecklingsfas

När Najaderna vindkraftpark inte längre bedöms kunna användas för elproduktion kommer vindkraftverken med kringutrustning monteras ned och avlägsnas från projektområdet. Vid nedmonteringen kommer det att krävas liknande fartyg och metoder som under anläggningsskedet. Den exakta metodiken och hanteringen av olika komponenter kommer beslutas vid slutfasen av driftperioden och då baseras på bästa möjliga teknik.

5.5.1 Nedmontering av vindkraftverk

Vindkraftverken kommer att monteras ner och avlägsnas från projektområdet. Specialanpassade fartyg lyfter ner de olika komponenterna från vindkraftverket i omvänd ordning mot installationen, för att sedan transportera bort dem. Oljor och andra flytande kemiska produkter kommer att samlas upp och avlägsnas från vindkraftverket innan demontering, eller lämnas inuti respektive komponent och samlas upp och avlägsnas efter transporten till land.

Samtliga komponenter bedöms kunna återanvändas eller återvinnas i stor utsträckning.

5.5.2 Nedmontering av fundament

Typen av fundament avgör hur nedmonteringen bäst sker. Specialanpassade fartyg med lyftkapacitet kommer att lyfta bort fundamenten som kapas i lagom stora sektioner inför nedmontering och bortforsling. Delar av fundamenten kan komma att lämnas kvar.

Erosionsskydd kan lämnas kvar på platserna för respektive fundament. Det är inte genomförbart att transportera bort allt erosionsskydd då det under projektiden ofta delvis sjunker ned i havsbotten. Det kan vara miljömässigt bättre att lämna kvar det.

Monopilefundament kan avvecklas antingen genom att hela fundamentet avlägsnas eller genom att fundamentet kapas vid ett visst djup. Den övre delen av fundamentet, över skärningspunkten, avlägsnas, medan den undre delen lämnas kvar i havsbotten.

Gravitationsfundament kan avvecklas genom att man gradvis tar bort och avlägsnar fundamentet från havsbotten. Vanligtvis skärs och separeras fundamentet i mindre delar för enklare hantering och transport. När fundamentet är helt lossat från havsbotten kan det lyftas upp till ytan och transporteras till en lämplig plats för deponering eller återanvändning.

Avvecklingen av fackverksfundamentstrukturer innebär att man tar bort och avlägsnar fundamentstrukturen från havsbotten. Detta görs genom att demontera stödbenen från de pålar som fundamentstrukturen vilar på, genom att såga igenom vart och ett av dess ben på en lämplig nivå invid havsbotten.

5.5.3 Avveckling av kabelnät

Avvecklingen av kabelnätet mellan vindkraftverken innebär att kablarna tas bort från havsbotten för transport till land för att återanvändas, återvinnas eller destrueras. Beroende på om kablarna är nedgrävda eller inte, kan en del av kablarna behöva lämnas kvar i havsbotten om det bedöms miljömässigt bättre.

5.5.4 Avveckling av transformator-/omriktarstation

Avvecklingen av en havsbaserad transformator-/omriktarstation innebär att all teknisk utrustning monteras ner och avvecklas. Avvecklingsprocessen påbörjas när produktionen av el upphör och anläggningen inte längre behöver vara i drift. Oljor och vätskor i transformatorn hanteras på ett sätt som garanterar att inget spill eller läckage kan ske. Transformator-/omriktarstationen monteras ner för sig och fundamentet för sig. Alla delar transporteras till land där flertalet av komponenterna antas kunna återanvändas eller återvinnas.

6 Alternativredovisning

6.1 Nollalternativet

Nollalternativet beskriver konsekvenserna av att verksamheten inte kommer till stånd. Nollalternativet för Najaderna innebär att den direkta miljömässiga påverkan från projektet uteblir då projektet inte genomförs. Den lokala naturmiljön och riksintressen i närområdet förblir därmed oförändrade.

Om vindkraftsanläggningen inte uppförs innebär det även att den beräknade elproduktionen om minst 4 TWh per år inte kommer till stånd, med tillhörande negativa konsekvenser för miljön och för Sveriges energiförsörjning. Den el som produceras av vindkraftverk utgör konkurrenskraftig grön el, samt mitigerar utsläpp från fossilbaserad elproduktion vid plötslig, oförutsedd elkonsumtion. Till följd av kol- och gaskraftens bränslekostnader resulterar även den fossila elproduktionen i högre elkostnader. Den fossilbaserade elproduktionen bidrar till växthuseffekten genom sina stora koldioxidutsläpp och orsakar även bland annat försurning av mark och vatten. Den globala uppvärmningen leder även till en stigande havstemperatur och stigande havsnivåer.

Den beräknade elproduktionen från Najaderna vindkraftpark skulle kunna fördubbla den nuvarande elproduktionen i Gävleborgs län (Sweco, 2021). En elproduktion på 4,5 TWh/år

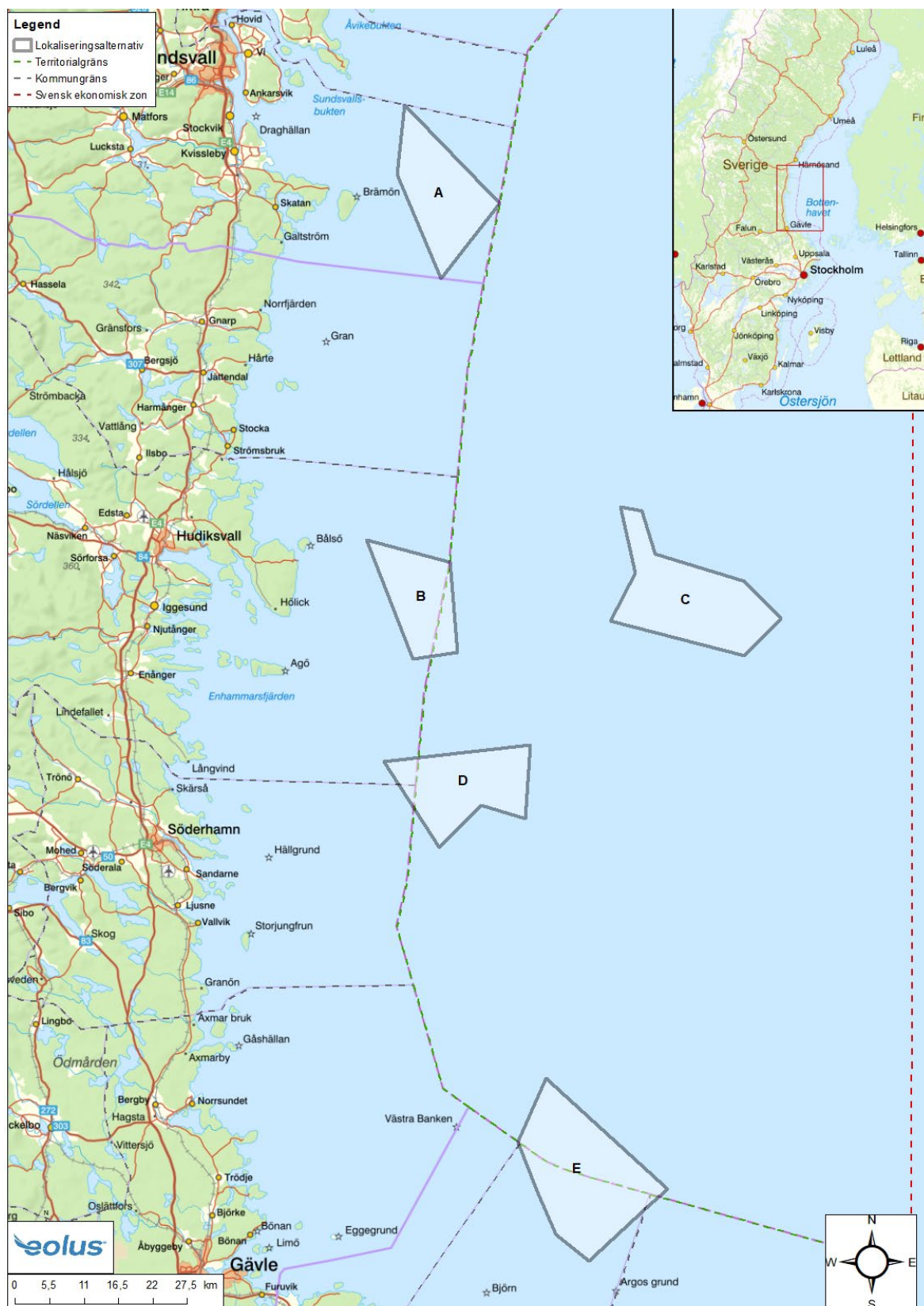
motsvarar försörjningen av cirka 900 000 villor med hushållsel årligen, räknat med en elanvändning på 5 000 kWh per villa och år (Konsumenternas Energimarknadsbyrå, 2023). När ökad svensk elexport tränger ut fossilbaserad elproduktion minskar de globala utsläppen, konservativt antaget, med omkring 600 000 ton/TWh och år. Najaderna kan därmed bidra till en minskning av de globala koldioxidutsläppen med cirka 2 700 000 ton per år (Nätverket Vindkraftens klimatnytta, 2019). Om vindkraftparken inte byggs går denna mycket stora klimatnytta förlorad.

6.2 Lokaliseringsalternativ

Inför projektstart genomförde Eolus en lokaliseringsutredning, se Bilaga C.12. Lämpliga områden för vindkraft till havs har undersökts utifrån miljömässiga och tekniska förutsättningar genom geografiska informationssystem (GIS), med hänsyn till miljöeffekter av möjliga lokaliseringsalternativ. De miljömässiga förutsättningarna bygger på information om förekomst av utpekade intressen för natur- och kulturmiljö och identifieras genom en analys av de riksintressen som förekommer i Bottenhavet. De tekniska förutsättningarna har baserats på fyra kriterier: lokalisering i Bottenhavet, gynnsamma vindförhållanden, tillräcklig produktionskapacitet samt havsdjup med låga naturvärden och möjlighet till bottenfasta fundament.

Huvudanledningen till valet av en geografisk lokalisering i Bottenhavet är det stora behovet av att tillföra elproduktion till en industrität region med stora planer om vidare utveckling av energikrävande nyetableringar. Dessutom ligger området i nära anslutning till det konsumenttunga Stockholm. Genom att tillföra elproduktion lokalt där elbehovet är stort minskar behovet av att bygga ut långa sträckor av transmissionsnät och därmed den negativa miljöpåverkan som detta skulle medföra. Det specifika området Bottenhavet lämpar sig även väl för havsbaserad vindkraft till följd av bl a dess goda vindförhållanden.

Utifrån de miljömässiga och tekniska förutsättningarna identifierades fem alternativa lokaliseringar, se Figur 46 och Tabell 10.



Figur 46. Identifierade lokaliseringssalternativ baserat på genomförd lokaliseringssutredning (källa: Bilaga C).

De fem alternativen bedömdes sedan utifrån sju miljöeffektsgrunder; skyddad naturmiljö, sjöfart, kapacitet, anslutning, yrkesfiske, djup och totalförsvar. Valet av bedömningsgrunder framgår av Bilaga C.12.

Tabell 10 Sammanfattning av förutsättningar för de fem lokaliseringalternativen i lokaliseringsutredningen.
(källa: Bilaga C.12/Bilaga C.12)

	A	B	C	D	E
Lokalisering	Bottenhavet strax sydöst om Sundsvall. Området ligger i sin helhet inom territorialvattnet för Sundsvalls kommun.	Bottenhavet, strax utanför Hudiksvall. Övervägande del av området ligger i territorialvattnet inom Hudiksvalls kommun och resterande del inom svensk ekonomisk zon.	Bottenhavet utanför Hudiksvall. Området i sin helhet ligger inom svensk ekonomisk zon och med marginal mellan två farledsstråk.	Bottenhavet utanför Söderhamn. Området ligger delvis inom territorialvattnet för Söderhamn och Hudiksvalls kommuner, men med majoritet inom svensk ekonomisk zon.	Södra Bottenhavet öster om Gävle. Delvis i territorialvattnet inom Tierp kommun samt delvis inom svensk ekonomisk zon.
Storlek	214 km ²	166 km ²	293 km ²	220 km ²	350 km ²
Vattendjup	ca 60–70 m	ca 60–70 m	ca 50–60 m	ca 50–70 m	ca 30–70 m
Avstånd till fastlandets kustlinje	ca 11 km	ca 11 km	ca 50 km	ca 28 km	ca 17 km
Havsplane-område	Norra Bottenhavet, B125 – Generell användning.	Södra Bottenhavet, B140 – Generell användning	Södra Bottenhavet, B140 – Generell användning	Södra Bottenhavet, B140 – Generell användning	Södra Bottenhavet, B140 – Generell användning
Anslutnings-möjligheter	Det bedöms finnas goda anslutningsmöjligheter inom Sundsvalls kommun.	Det bedöms finnas goda anslutningsmöjligheter inom både Söderhamns och Hudiksvalls kommuner.	Det bedöms finnas goda anslutningsmöjligheter inom både Söderhamns och Hudiksvalls kommuner.	Det bedöms finnas goda anslutningsmöjligheter inom både Söderhamns och Hudiksvalls kommuner.	I enlighet med Svenska kraftnäts investeringspaket Nord-Syd bedöms det finnas goda anslutningsmöjligheter inom regionen
Övrigt	Områdets västra del ligger i direkt anslutning till en farled in till Sundsvalls hamn. Norr om lokaliseringalternativ A återfinns ett riksintresse för Försvarsmaktens sjöövningsområde.	Västra sidan av lokaliseringalternativ B angränsar i nära anslutning till den planerade vindkraftparken Gretas Klackar 1 (Svea Vind Offshore).	Området angränsar till den planerade vindkraftparken Eystrasalt (Skyborn Renewables) i norr och Sylen (Svea Vind Offshore) i söder.	Lokaliseringalternativets västra sida angränsar delvis till en befintlig farled.	Områdets nordöstra och södra del angränsar till eller korsar lågt trafikerade farleder, där den södra farleden tillkom i september 2022.

De fem lokaliseringalternativen har för de olika grunderna bedömts utifrån en 4-gradig skala:

+++	Goda förutsättningar
++	Rimliga förutsättningar
+	Sämre förutsättningar
-	Betydande hinder

I lokaliseringsutredningen motiveras poängsättningen för de olika alternativen, resultatet presenteras i sammanfattning i Tabell 11.

Tabell 11. Matris över påverkanskategorier för utredning av alternativa lokaliseringars lämplighet. (källa: Bilaga C.12)

	Alternativ A	Alternativ B	Alternativ C	Alternativ D	Alternativ E
Skyddad miljö	+++	+++	+++	+++	+++
Sjöfart	++	+++	+++	+++	+++
Kapacitet	++	-	+++	++	+++
Anslutning	+	++	+	++	+++
Yrkesfiske	+	+	+++	++	++
Djup	+	++	++	++	+++
Totalförsvar	+	+++	+++	+++	+++
Total påverkan	11	14	18	17	20

6.3 Alternativa utformningar

Redogörelsen för alternativa utformningar undersöker alternativa tekniklösningar som påverkar huvudalternativets layout samt alternativa grundläggningstekniker, såsom alternativa fundamenttyper. Avsnittet redogör för vilka val som gjorts och vilka alternativa utformningar som valts bort med hänsyn till miljöeffekter.

6.3.1 Alternativa layouter

De alternativa layouterna baseras på olika tekniska lösningar. Alla alternativ inryms inom samma geografiska område som huvudalternativet. Alla alternativ, oavsett teknikval, ska ha möjlighet till samma mängd elproduktion som huvudalternativet.

Undersökta alternativ, se Tabell 12, bygger på olika val av vindkraftverkens rotordiameter och installerade effekt, sett till vad som antas finnas tillgängligt på marknaden vid olika tidpunkter. En större rotordiameter kräver ett större avstånd mellan turbinerna, både till följd av säkerhetsåtgärder och uppkomsten av vakeffekter mellan turbinerna.

Tabell 12. Alternativa layouter sett till storlek på turbiner. Alternativ B är baserat på dagens tillgängliga teknik.

	Alternativ A (huvudalternativ)	Alternativ B (dagens teknik)	Alternativ C (maxalternativ)
Antal vindkraftverk	67	67	67
Totalhöjd [m]	330	260	365
Kapacitet per turbin [MW]	20	15	≥ 20

Huvudalternativet för Najaderna vindkraftpark omfattar 67 vindkraftverk med en totalhöjd på cirka 330 meter. Huvudalternativets utformning redovisas närmre i kapitel 5, se Figur 38.

Layoutalternativ B i Tabell 12 är baserad på teknik tillgänglig på marknaden i dag och består av 67 turbiner med en kapacitet på 15 MW. Layoutalternativ C är baserat på större turbiner med en kapacitet på ≥ 20 MW, vilket i dag inte finns tillgängligt på marknaden. Utvecklingen av turbiner till havsbaserad vindkraft har historiskt sett gått väldigt fort. Större turbiner leder till större materialåtgång för både plattform och turbin samt längre sträckor för det interna kabelnätet. Större turbiner har dock en högre effekt än mindre turbiner och bidrar på så sätt till en större koldioxidutsläppsminskning per installerad kapacitet, vilket i sin tur leder till en mindre negativ påverkan på miljön. Större turbiner medför större rotordiameter och därigenom krävs ett större avstånd mellan turbinerna. Dessutom har de en högre totalhöjd, vilket ger en större visuell påverkan på landskapsbilden i form av visuell synbarhet dagtid och hinderbelysning nattetid.

Huvudalternativet (alternativ A) bedöms vara det mest fördelaktiga alternativet utifrån resonemanget ovan.

6.3.2 Alternativa komponenter

Havsbaserade vindkraftverk kan monteras på bottenförankrade eller flytande fundament. Bottenförankrade fundament är den vanligaste tekniken för hittills realiserade projekt, och sådana kan utgöras av gravitationsfundament, monopilefundament eller fackverksfundament. Flytande fundament förankras i havsbotten med staglinor eller kedjor.

Flytande fundament är under utveckling och finns än så länge bara vid ett fåtal kommersiella anläggningar. Flytande fundament är realiserbara där bottendjupet är större än cirka 60–100 meter alternativt där det av byggnadstekniska skäl inte är möjligt att använda bottenfasta lösningar. På grundare vatten, såsom för Najaderna, är bottenförankrade fundament realiserbara i ett tidigare skede än de flytande fundamentslösningarna då de bygger på en beprövad befintlig teknik som finns storskaligt tillgängligt på marknaden. Jämförs de olika typerna av fundament är monopilefundament de vanligaste och den metod som kräver minst muddring av havsbotten. I konstruktionsfasen pålas monopilefundamenten ned i botten, vilket alstrar undervattenbuller som i sin tur kan bidra till påverkan på vattenlevande däggdjur.

Byggnation av fundament av fackverkstyp kräver en mindre mängd energi vid pålning, vilket vid jämförelse med monopilefundament bidrar till en mindre mängd undervattenbuller. Däremot kräver fackverksfundament en jämn botten för att kunna placeras stabilt. Utjämning och preparering av botten sker oftast via muddring. Muddringen leder till sedimentspridning, vilket kan bidra till en negativ påverkan på omliggande naturmiljö. I Bottenhavet bildas regelbundet is under årets kallaste månader. Samtliga fundamentstyper bedöms påverka hanteringen av dessa ismassor, men fackverksfundament bedöms mindre lämpliga vid förväntade isförhållanden jämfört med monopilefundament.

Gravitationsfundament kräver ingen pålning, vilket är det alternativet som medför minst undervattenbuller under anläggningsfasen. Men liksom fackverksfundament kräver gravitationsfundament en jämn botten och således kan havsbotten komma att muddras vilket leder till viss spridning av sediment.

Vilken fundamentslösning som kommer att användas inom Najaderna vindkraftpark kommer beslutas i ett senare skede när även ytterligare geofysiska och geotekniska utredningar kunnat genomföras. Miljöpåverkan och miljöeffekter beskrivs närmare under kapitel 8, konsekvensbedömningen redovisas i kapitel 10.

7 Bedömningsmetodik och bedömningsgrunder

7.1 Bedömningsmetodik

DGE använder en definierad metodik för värdering av miljöeffekterna vid specifik miljöbedömning. Syftet är att skapa en enhetlig ram med avseende på metodik oberoende av ett tillståndprojekts karaktär.

Metodiken utgår från en trestegsmodell i vilken det projektspecifika områdets värde/känslighet bedöms och värderas i steg 1. I steg 2 värderas miljöeffekten på intresseområden utifrån påverkan. Identifierade värden och effekt vägs därefter sedan samman i steg 3 i en matris från vilken konsekvensen kan utläsas utifrån sex värdeklasser: positiva, obetydliga, mycket små, små, måttliga och stora, se Figur 47.

Matris för bedömning av miljökonsekvenser		Effekter				
		positiva	obetydliga	små	måttliga	stora
Värden och känslighet	Obetydliga	positiva	obetydliga	obetydliga	mycket små	mycket små
	Små	positiva	obetydliga	mycket små	små	måttliga
	Måttliga	positiva	mycket små	små	måttliga	stora
	Stora	positiva	mycket små	måttliga	stora	stora

Figur 47. Konsevensmatris för bedömning av miljökonsekvenser.

Bedömning av områdets **värde/känslighet** i steg 1 utgår från vad som framgår av kapitel 4.

I steg 2 beskrivs först projektets **påverkan** (den fysiska åtgärden i sig), se kapitel 8.

Effekt i form av den förändring som uppkommer i omgivningen och **konsekvens** som den beskrivna effekten leder till för olika intresseområden redovisas i kapitel 8 och värderas därefter i kapitel 10. Värdet på effekten bedöms kvalitativt eller kvantitativt utifrån kriterier så

som: miljö kvalitetsnormer, relevanta riktvärden/gränsvärden, praxis, nationella miljömål samt vad som framkommit vara av betydelse under samrådsprocessen.

Hänsyn tas också till om påverkan och/eller effekten är *direkta* och *indirekta*, *tillfälliga* eller *bestående*, *kumulativa* eller uppstår på *kort*, *medellång* eller *lång sikt*.

I Steg 3 bedöms **konsekvensen** utifrån en sammanvägning av värdet/känsligheten och effekten inom följande områden:

- befolkning och människors hälsa,
- djur- eller växtarter som är skyddade enligt 8 kap, och biologisk mångfald i övrigt,
- mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap, bebyggelse och kulturmiljö,
- hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt,
- annan hushållning med material, råvaror och energi, eller
- andra delar av miljön.

Resultatet av de värderade konsekvenserna beskrivs och presenteras slutligen i en matris under avsnitt 10.7.

7.2 Bedömningsgrunder

Konsekvensbedömningarna i denna MKB är till stor del utförda av underkonsulter till DGE. De bedömningsgrunder och de utredningar som använts vid dessa bedömningar framgår av respektive underlagsrapport.

8 Miljöpåverkan och miljöeffekter

Nedan följer en genomgång av de miljöeffekter, alltså den förändring som kan förväntas uppstå i omgivningen vid Najaderna vindkraftparks olika faser (anläggnings-, drifts- och avvecklingsfas). Utgångspunkten har varit att beskrivna samtliga såväl direkta som indirekta, positiva som negativa, tillfälliga som bestående, samt kumulativa miljöeffekter som uppstår på kort, medellång eller lång sikt. För de fall framtida teknikval kan ge olika miljöeffekter har ett värsta scenario valts konsekvent genom alla utredningar.

Najaderna Offshore har låtit beställa ett antal utredningar som har kartlagt miljöeffekterna på den omkringliggande miljön vid etableringen och drift av vindkraftparken. Utredningarna presenteras i sammanställningen i Bilaga C.1.

8.1 Omblandning

Vindkraftparker till havs påverkar omblandningen i vattenmassan där de är placerade. Påverkan sker dels på grund av fundamenten som står i vattnet, dels på grund av att vindhastigheten reduceras i lä om vindkraftparken vilket leder till mindre vindskjuvning mot vattenytan. Båda dessa faktorer påverkar även hur vågorna utvecklas. Utredning avseende omblandning har utförts av AFRY, se Bilaga C.3, vilken sammanfattas i avsnitt 8.1.1, 8.1.2 och 8.1.3.

8.1.1 Omblandning inducerad av fundament

När det strömmar omkring ett fundament till ett vindkraftverk bildas virvlar och turbulens som lokalt ökar omblandningen, både horisontellt och vertikalt, samtidigt som strömhastigheten nedströms fundamentet reduceras i medeltal. Det är främst den vertikala omblandningen som kan tänkas påverka vattenmiljön. Ökningen av den vertikala omblandningen undertrycks av vertikala skillnader i vattnets densitet som i sin tur är en följd av variationen i temperatur och salthalt. Under sommaren, då det finns ett temperatursprångskikt, kommer effekten av omblandning därmed att bli mindre än annars. Närmare ytan bedöms effekten av fundamenten dessutom bli relativt sett mindre eftersom temperatursprångskiktet även påverkas av vågor och vind.

I en vetenskaplig artikel av Carpenter et al från 2016, baserad på observationer i Nordsjön, undersöktes om/hur ökad omblandning på grund av vindkraftparker kan förhindra uppbyggnaden av temperaturskiktningar under vårperioden. Resultatet visade att ett fåtal vindkraftparker med utsträckning <10 km kan förväntas ha en liten påverkan på den storskaliga uppbyggnaden av temperaturskiktning. Om vindkraftparkernas utsträckning däremot når 100 km eller mer så kan märkbar påverkan på uppbyggnaden förväntas, det vill säga att temperaturskiktningen byggs upp senare än normalt på året och försvinner något tidigare.

I en vetenskaplig artikel från 2020 av Schultze et al presenteras mätningar av temperaturvariationer nedströms monopilefundament i södra Nordsjön vid två olika skiktningar: $\Delta T = 0,5$ °C och $\Delta T = 2-3$ °C, där ΔT är temperaturskillnaden mellan yt- och bottenvatten. Vid den svagare skiktningen ($\Delta T = 0,5$ °C) kunde effekten av en monopile noteras i mätningarna. Den så kallade vaken (området nedströms fundamentet med förhöjd turbulens) var upp till 70 meter bred och sträckte sig upp till 450 meter nedströms fundamentet. Vid den starkare skiktningen kunde ingen effekt av fundamentet noteras (dock gjordes vid detta tillfälle inga mätningar på närmare avstånd än 200 meter). Vidare drog Schultze et al 2020 slutsatserna (från simulerade idealiserade fall med avstånd mellan verken på 1 024 meter och vattendjupet 32 meter) att ett enskilt monopilefundament bidrar med mellan 7 och 10 % ytterligare omblandning i vaken bakom fundamentet jämfört med den naturliga blandning som uppstår på grund av friktion mot botten. En annan slutsats i artikeln är att en stor vindkraftpark kan minska skiktningens potentiella energi med cirka 13–18 % och i viss mån fördröja eller till och med förhindra uppbyggnaden av skiktningen om vindkraftparken är mycket stor (längdsskalor omkring 100 km).

Ovanstående beräknade siffror kan justeras för att uppskatta effekten av Najaderna, där varje fundament kan vara upp till 15 meter i diameter. Fundamentens påverkan bör rimligtvis öka med ökande vattendjup eftersom deras våta yta blir större. Detta samband bedöms vara proportionellt mot vattendjupet. Om varje vak på liknande sätt skalas upp med den större diametern bedöms de bli upp till 15/6 ggr bredare och 15/6 ggr längre. En vak växer på bredden med avståndet till dess upphov. Om tillväxten på bredden antas vara linjär med avståndet kommer vaken att ha en triangulär form. Arean av denna blir därmed i detta fall omkring $70 \times 450 \times (15/6)^2 \approx 100\,000 \text{ m}^2$ eller cirka $0,1 \text{ km}^2$. En ökning på 10 % av omblandningen inom varje vak kommer därmed att innebära en total ökning av omblandningen inom hela det bebyggda området (67 fundament på 50 meters djup inom

200 km²) på $50/32 \times 10 \times 67 \times 0,1/200 \approx 0,5 \%$, som följd av de turbulenta vakarna nedströms fundamenten. Siffran gäller vid de fall det redan finns en uppbyggd skiktning (om än svag).

De temperaturskiktningar som undersöktes av Schultze et al var svaga jämfört med de skiktningar som råder i det aktuella området, åtminstone på sommaren då sydvästra Bottenhavet är temperaturskiktat med temperaturskillnader på 5–10 °C mellan vattenytan och 40 meters djup. Den högre temperaturskillnaden kommer tillsammans med saltskiktningen att dämpa den turbulens som skapas nedströms fundamenten.

8.1.2 Omblandning inducerad av läeffekt

Eftersom en vindkraftpark syftar till att extrahera energi ur vinden kommer vindhastigheten att vara lägre i lä av vindkraftparken. Luftvolymen med reducerad vind kallas vindvak. Vindvaken kan, beroende på vindkraftparkens storlek och effektuttag, sträcka sig tiotals kilometer från vindkraftparken. Mätningar från flygplan har visat att reduktionen av vindhastighet på navhöjd strax nedströms en vindkraftpark kan vara omkring 20 till 30 % och cirka 15 % 25 km nedströms, beroende på de atmosfäriska förhållandena. Vid vattenytan är vindreduktionen mindre och börjar först en viss sträcka nedströms varje vindkraftverk eftersom vinden till en början är relativt ostörd då den passerar under rotorbladen.

Gandara och Harris visade i en artikel 2012 att den största sammanlagda vindreduktionen vid vattenytan skedde så långt bort som på 5 km avstånd nedströms en vindkraftpark (Horns Rev 1 i Nordsjön) och att den maximala reduktionen av vindhastighet där var omkring 10 %. Det kan nämnas att den studerade vindkraftparken är en betydligt tätare och lägre vindkraftpark än Najaderna. Den maximala momentana vindreduktionen vid vattenytan nedströms Najaderna kan vid stabila atmosfäriska förhållanden förväntas ske på längre avstånd eftersom Najaderna är högre. Uppskattningsvis kan det handla om minst 5–10 km. Vid varje ändring av vindriktning kommer området med maximal påverkan att förflyttas sidledes relativt vindriktningen. Den enda vattenyta som kontinuerligt påverkas av vindvaken måste därmed ligga inom området för fundament och påverkan kan där förväntas vara mindre än 10 %.

En reduktion av vindhastigheten på 10 % leder till minskad omblandning, dels på grund av minskad skjuvkraft mot vattenytan, dels på grund av att vågorna blir mindre. Läeffekten kan samtidigt ge upphov till en så kallad dipol där språngskiktet mellan ytvattnet och djupare liggande vatten lyfts upp på ena kanten av vindkraftparkens vindvak och trycks ner på den andra. När språngskiktet lyfts upp eller trycks ner sker omblandning mellan de två vattenmassorna på varsin sida av språngskiktet. På så sätt ger dipolen som uppstår på grund av läeffekten upphov till ökad omblandning. Denna blandningseffekt förutsätter att storleken på vindkraftparken är samma som eller större än den så kallade Rossbyradien². Najaderna vindkraftpark bedöms vara tillräckligt stor för att kunna ge upphov till en sådan dipol.

Parametern som används för att beskriva styrkan på skiktningen kallas på engelska potential energy anomaly och har enheten J/m³. Parametern beskriver hur mycket energi som krävs för att fullständigt bryta ner skiktningen. Vindkraftparker kan ge upphov till upp till rumsliga variationer i potential energy anomaly på cirka 2 J/m³ som månadsmedelvärde. Den minskade omblandningen i ytlagret kan leda till en förhöjd ytvattentemperatur på omkring 0,1 °C, vilket

² Rossbyradien är den karakteristiska längd, vid vilken effekterna av jordens rotation på rörelsen hos ett vätskepaket blir lika viktig som de för flytkraft och gravitationsvågor

lokalt motsvarar 10 % av de årliga variationerna i ytvattentemperatur. Som jämförelse är de årliga variationerna av yttemperatur vid SMHI:s mätstation Finngrundet ca 15–16 °C, det vill säga väsentligt större. Naturliga variationerna i salt- och temperatur är alltså betydligt större än vindvakens påverkan.

Enligt en artikel av Daewel et al från 2022 kan stora kluster av vindkraftparker påverka primärproduktionen, minska omblandningsdjupet och leda till mer syrefattiga bottenar. Deras artikel visar beräkningsresultat från en ekosystemsmodell som kopplats till en hydrodynamisk modell. En förändrad primärproduktion på ± 10 % noteras omkring kluster av vindkraftparker i Nordsjön. Sett över regionala skalor (hela Nordsjön, södra Nordsjön respektive Tyska Bukt) noterades dock endast reduktioner ner till -0,5 %. Med andra ord tycks primärproduktionen framför allt påverkas genom att den lokalt omfördelas. I den modell som användes för studien togs dock inte hänsyn till fundamentens bidrag till omblandningen. Mer syrefattiga bottenar förklaras av en minskad återsuspension av organiskt material på grund av lokalt upp till 10 % minskning av bottenkjuvspänning (vattnets skjuvkraft mot botten per ytenhet). Minskad återsuspension av organiskt material innebär att en större fraktion av materialet ackumuleras på botten.

8.1.3 Sammantaget om omblandning

Den ökade turbulens som fundamenten lokalt kommer att ge upphov till kan vid svaga skiktningar (sen höst, vinter och vår) leda till omkring 0,5 % mer omblandning inom projektområdet jämfört med den omblandning som sker naturligt på grund av friktion mot botten. Å andra sidan är omblandningen sannolikt ändå hög under denna säsong. Under sommarmånaderna, vilket är den tid då en ökad omblandning kan förväntas ha mest effekt på miljön, kan ökningen på grund av fundamenten förväntas vara betydligt mindre, speciellt i den biologiskt mest aktiva övre delen av vattenmassan.

Vindvaken kommer att ge upphov till såväl minskad omblandning på grund av reducerade vindar och vågor i lä, som ökad omblandning på grund av dipolseffekten. Att ytströmmen ofta ändrar riktning innebär sannolikt att dipoler sällan hinner utvecklas till fullo. Påverkan på grund av försvagad vind bedöms ske snabbare och vara större än påverkan av dipolerna.

Utifrån mätningar av salthalt och temperatur när skiktningen är som svagast kan skiktningens styrka i sydvästra Bottenhavet ha värde av potential energy anomaly neremot 25 J/m^3 . Den omfördelning av skiktningens styrka som noterats för kluster av vindkraftverk på $\pm 2 \text{ J/m}^3$ bedöms därmed inte vara försumbar. Den omfördelning av primärproduktion som predikteras av Daewel et al för kluster av vindkraftverk i Nordsjön skulle därför potentiellt sett kunna uppstå även i sydvästra Bottenhavet. Den regionala effekten bedöms dock bli betydligt mindre. Daewel et al studerade påverkan av vindkraftparker med en sammanlagd installerad effekt på totalt 120 GW, dvs 120 gånger större än Najadernas uppskattade maxeffekt, och fann att den regionala minskningen av primärproduktion blev 0,5 %. Eftersom Bottenhavet inte tillnärmelsevis är 120 gånger mindre än Nordsjön bedöms den regionala effekten av Najaderna bli betydligt mindre på regional skala än jämförelseprojektet i Nordsjön.

Möjligen skulle den ökade omblandningen på grund av fundamenten till viss del kunna motverka den höjning av omblandningsdjup och förstärkning av skiktningen som noterades, speciellt i slutet av sommaren. Najaderna har en utsträckning på cirka 20 km och är således

betydligt mindre än 100 km, den storlek under vilken påverkan på omblandning endast har kunnat uppmätas för ett fåtal vindkraftparker, och därmed förväntas även fundamenten ha liten påverkan på den storskaliga uppbyggnaden av temperaturskiktning.

Halten av löst syrgas bedöms utifrån uppmätta data vara god på alla djup i detta område. En något ökad eller minskad omblandning skulle därför inte ha någon betydande påverkan för tillgången på syrgas vid olika djup.

När vattnet som läas av Najaderna är täckt av fast is kommer vindvaken inte att påverka omblandningen. Drivis kommer sannolikt att begränsa påverkan av vindvaken. Samtidigt kan både fast is och drivis förväntas reducera omblandningen i vattenmassan betydligt mer än vad vindvaken skulle ha gjort om det var isfritt.

Sammanfattningsvis bedöms vindkraftparken kunna ha en liten påverkan på omblandningen och skiktningen av vattenmassan. Både ökad och minskad omblandning kan förväntas ske samtidigt, men på olika platser. Detta skulle kunna innebära att uppbyggandet av temperaturskiktning på våren inom det bebyggda området kan komma att fördröjas något, samtidigt som temperaturskiktningen kan komma att byggas upp tidigare i vindvaken. Det omvända skulle kunna ske på hösten. Men eftersom vattenmassan inom vindkraftparken och vindvaken ständigt byts ut bedöms dessa båda effekter till största delen ta ut varandra och inte få någon påverkan på regional skala.

I enlighet med vad som sammanfattats ovan bedömer DGE att förändringar i omblandningen till följd av Najaderna vindkraftpark inte kommer att leda till några effekter av betydelse i omgivningen.

8.2 Strömmar

Najadernas påverkan på strömmar i vattenmassan kan härledas till fundamenten och vindvaken. Utredning avseende påverkan på strömmar har utförts av AFRY, se Bilaga C.3, vilken sammanfattas i avsnitt 8.2.1, 8.2.2 och 8.2.3.

8.2.1 Påverkan inducerad av fundament

Strömningsmotstånd uppkommer när vatten måste ändra riktning och stryka utmed till exempel ett fundament. Samtidigt skapar även havsbotten ett strömningsmotstånd på grund av varierande djup och friktion mellan det strömmande vattnet och botten. Strömningsmotståndet är i stationära fall den balanserande motkraften till strömmarnas drivkraft. Drivkraften kan exempelvis vara gravitation (vattenståndsskillnader eller densitetsskillnader) eller vind.

AFRY har beräknat minskningen av vattentransport (strömhastighet) till cirka 2 % för alternativet med 50–67 vindkraftverk med monopilefundament med diametern 15 meter vid ett antaget medeldjup på 50 meter. Diametern av gravitationsfundament varierar med höjden över botten. Eftersom gravitationsfundament är bredare vid botten och smalare högre upp kommer strömningsmotståndet att variera på ett annat sätt jämfört med monopilefundament. Med i övrigt samma antaganden och beräkningsmetod som för monopilefundament beräknas minskningen av strömhastigheten dock bli lika stor, cirka 2 %.

Vid vinddriven ström kan det extra strömningsmotståndet från fundamenten relateras till vindens friktion mot vattenytan. Friktionskraften ökar med vindhastigheten men ökar i detta fall snabbare än vindhastigheten i kvadrat, eftersom även vattenytans ojämnheter ökar med vindhastigheten. Vindfriktionen ger upphov till ytströmmar som kan antas vara omkring 3 % av vindhastigheten. Det sammanlagda strömningsmotståndet från 67 monopilefundament vid vinddriven ström bedöms dock endast utgöra några promille av vindens drivkraft över det bebyggda området. Gravitationsfundament kommer att påverka de vinddrivna strömmarna i ännu mindre grad eftersom de i detta fall har en mindre diameter nära vattenytan. Vindens drivkraft påverkas dock även av den reducerade vindhastigheten som följer av energiuttaget, vilket diskuteras i avsnitt 8.2.2.

8.2.2 Påverkan inducerad av läeffekt

Den reducerade vinden i lä om vindkraftparken kommer att förändra den vinddrivna ytströmmen. Detta kommer att ske i hela vindvaken, även om den största momentana påverkan vid vattenytan kan uppskattas ske i storleksordningen 5–10 km i lä om vindkraftparken (se avsnitt 8.1.2).

En reduktion av vindhastigheten på cirka 10 % kan förväntas medföra en motsvarande reduktion av den vinddrivna ytströmmen. Som nämdes i föregående avsnitt kan vinddrivna ytströmmar antas vara omkring 3 % av vindhastigheten. En reduktion av den vinddrivna delen av ytströmmen med 10 % kan därmed vid en vanlig vindstyrka på 7 m/s motsvara en minskning med upp till ett par cm/s, från 0,21 till 0,19 cm/s.

8.2.3 Sammantaget kring strömmar

En reduktion med upp till 10 % av den vinddrivna ytströmmen i lä om vindkraftparken kan förväntas. Läområdet kommer dock att flyttas runt i och med att vindriktningen varierar, vilket innebär att samma geografiska område inte påverkas kontinuerligt eller i samma omfattning. De största energiuttagen sker vid sydvästliga vindar, dvs vinkelrätt ut från den närmaste svenska kusten. Därmed kommer den största effekten av vindvaken ske på öppet vatten nordost om vindkraftparken. Det är möjligt att den sydostgående transporten av ytvatten blir något reducerad eftersom vindvaken oftast kommer att påverka en del av Bottenhavet där den vinddrivna transporten samverkar med Corioliseffekten. Den storskaliga cirkulationen moturs i Bottenhavet skulle därför teoretiskt sett kunna försvagas något. Nettotransporten av bräckt vatten ut ur Bottniska viken kommer inte att påverkas eftersom den drivs av tillflödet av sötvatten via älvar och åar och inte av vind. Påverkan på den storskaliga cirkulationen i Bottenhavet bedöms sammanfattningsvis inte bli mätbar.

Det något förhöjda strömningsmotstånd som vindkraftparken ger upphov till bedöms inte heller kunna påverka den storskaliga cirkulationen i Bottenhavet. Möjligen skulle en lokal omfördelning av strömmarna kunna ske, men det bedöms knappast vara mätbart med tanke på hur mycket strömmarna varierar i tiden, både med avseende på hastighet och riktning. Strömhastigheterna kring varje enskilt fundament kan förväntas bli något förhöjda eftersom vattnet måste accelerera runt det blockerande fundamentet. Detta skulle kunna leda till lokal erosion av bottenarna omkring fundamenten om bottenarna inte skyddas.

Enligt studier skulle etableringarna kunna leda till mer syrefattiga bottenar. Detta ses som en följd av lokalt minskad återsuspension av organiskt material som i sin tur beror på minskad bottenkjuvspänning. Utifrån beräkningar för projekt i Nordsjön har lokala minskningar av bottenkjuvspänningen på uppemot 10 % bedömts föreligga. Eftersom bottenkjuvspänningar är kvadratisk proportionell med strömhastigheter, kan detta antas indikera att de bottennära strömmarna minskar med drygt 3 % men är ändå i samma storleksordning som ovan beräknad reduktion av ytströmmarna för Najaderna. Där det förekommer naturlig sedimentation inom projektområdet kan därmed nettosedimentationen lokalt komma att öka. Om materialet är organiskt kan det innebära större syreförbrukning på bottenarna när materialet bryts ned. Samtidigt kan strömhastigheterna nära botten närmast omkring det bebyggda området förväntas öka något, vilket i så fall skulle ha en motsatt effekt, dvs leda till mindre nettosedimentation. Runt omkring Najaderna är det över lag djupare än inom projektområdet. Följaktligen bedöms eventuell sedimentation och eventuell förekomst av syrefattiga bottenar vara mindre förekommande inom vindkraftparken än utanför. De uppmätta syreprofilerna indikerar dessutom inte att det under senare tid rått någon syrebrist vid bottenarna i sydvästra Bottenhavet, vilket i sin tur talar för att det inte heller gör det inom Najaderna. Bottenarna inom projektområdet bedöms inte utgöras av ackumulationsbottenar.

När det förekommer fast is på vattenytan kommer denna påverka strömmarna betydligt mer än fundamenten eller vindvaken. Friktionen på undersidan av isen kan förväntas vara av samma storleksordning som friktionen mot havsbotten, dvs flera gånger större än fundamentens strömmotstånd. När det gäller ytströmmar kommer den fasta isen att reducera dessa betydligt mer än vindvaken skulle ha gjort om det var isfritt.

Uppvällning vid kuster skapas av att ytvatten transporteras ut från kusten och ersätts av vatten från djupare liggande lager som då dras upp till ytan. Nedvällning är motsatsen till uppvällning. Vid vindriktningar parallellt med kusten skulle vindvaken kunna ge upphov till något mindre uppvällning längs kusten norr om vindkraftparken och något mindre nedvällning längs kusten söder om densamma. Av dessa vindriktningar dominerar de nordnordostliga riktningarna. Nettoeffekten av detta bör därmed bli att nedvällningen längs kusten minskar.

Sammanfattningsvis kommer vindkraftparken att påverka strömmarna lokalt och regionalt med maximalt 2 till 10 % inom begränsade och varierande områden. Den största och vanligast förekommande påverkan bedöms ske i ytvattnet inom cirka 5–10 km i lä om vindkraftparken. Reduktionen av strömhastigheter bedöms enligt AFRY inte ha någon betydande påverkan på vattenmiljön.

8.3 Vågor

Vindkraftparker kan komma att påverka vågfältet i området genom diffraktion och reflektion av vågor inom vindkraftparken samt genom läeffekten (avsnitt 8.2.2). Påverkan på vågor kan i sin tur påverka kuster som är känsliga för förändringar i sedimenttransporter (kusterosion).

Baserat på litteraturgenomgång har AFRY (Bilaga C.3) kommit fram till att våghöjden kommer att påverkas mer vid starka och ökande vindar än vid svaga och minskande vindar. Störst och mest frekventa reduktioner i våghöjd kan därmed förväntas ute på öppet vatten i sektorn nord till ost. Reduktionen av våghöjd bedöms där kunna uppgå till omkring 5 % i lä

om vindkraftparken, och påverkan på vågorna bedöms kunna vara mätbar på avstånd upp till i storleksordningen 50 km. Således bedöms det inte kunna noteras någon reduktion i våghöjd längs Ålands eller Finlands stränder. Vid övriga vindriktningar bedöms påverkan på vågor bli mindre.

En bedömning av konsekvenserna av reducerad våghöjd för den svenska kusten görs i avsnitt 10.3.2.

8.4 Sedimentspridning

Vid anläggning av en vindkraftpark medför schakt- och förankringsverksamhet av fundament och kabelnedläggningar uppvirvling av sediment som sedan sprids i vattenmassan (grumling).

AFRY (Bilaga C.3) har undersökt sedimentspridning som kan uppstå vid installation av monopilefundament, se vidare nedan.

Anläggande av fundament av typen monopile sker i första hand genom att de hamras ner i havsbotten. Om havsbotten visat sig vara alltför hård för att fundamentet ska kunna hamras ned hela djupet, krävs det att det hårda materialet borrar ur. AFRY har antagit att allt urborrat material spolas ut i den omgivande vattenmassan under anläggningen. Med andra ord är detta ett worst case med avseende på utsläppta volymer sediment. Vid borrning kan följaktligen stora volymer av sediment förflyttas och spridas i vattenmassan innan det återsedimenterar på botten. Inför placering av gravitationsfundament sker en schaktning och utjämning av botten. Även detta ger upphov till sedimentspridning, dock i betydligt mindre grad än borrning för monopilefundament. I detta avsnitt undersöks därför endast den sedimentspridning som kan uppstå vid anläggning av monopilefundament.

8.4.1 Borrning för monopiles

Vid beräkningar av sedimentspridning från borrning har många antaganden behövts göras då exakta förhållanden inte går att förutse. Osäkerhet finns gällande faktorer som borrhjup, borrhastighet, flödes hastighet på tillsatt vatten för utspolning av borrhax samt strömhastighet i recipient. För fullständig motivering till vald indata, se Bilaga C.3. Plymberäkningar har utförts med närfältsmodellen CORMIX, vilket är en välbeprövad modell som stöds av USEPA (United States Environmental Protection Agency). Koncentrationer av suspenderat sediment och pålagring har utifrån CORMIX-resultaten därefter beräknats med en sedimentationsmodell utvecklad inom AFRY.

Spridningen av sediment vid borrning sker genom en dynamisk plym som snabbt når botten. På grund av sin höga densitet breder den ut sig med gravitationens hjälp medan den späds ut. Utspädningen leder till att densiteten gradvis sjunker, och efter en viss utspädning kommer plymen passivt att spridas vidare längs botten med hjälp av det omgivande vattnets naturliga strömmar. Det som driver initialutspädningen är med andra ord gravitation och det omgivande vattnets strömmar, som båda ger tillgång till spädvatten. I plymens passiva fas är det däremot den naturliga turbulensen i recipienten som bidrar till dispersion.

Tjockleken på plymen beror på strömhastigheten i recipienten. Vid en strömhastighet på 5 cm/s fås en tjocklek på 5 meter på hundra meters avstånd, medan tjockleken endast blir

2 meter på samma avstånd vid en högre strömhastighet på 10 cm/s. Densiteten i plymen kommer vid detta avstånd vara cirka 1005–1020 kg/m³ och halten suspenderat solitt material kommer att vara omkring 2000 mg/l. Koncentrationerna i det direkta närområdet till utsläppet kommer med andra ord att ligga i ett spann mellan 2 000 och 460 000 mg/l. Det maximala spridningsavståndet beräknas till 12,5 km från arbetspositionen vid en strömhastighet på 5 cm/s och 10 km vid en strömhastighet på 10 cm/s, men förutsätter att plymen aldrig ändrar riktning, vilket är osannolikt och konservativt med tanke på hur strömriktningarna i realiteten varierar över tid.

De 15 olika kornstorleksfraktionerna kommer att uppehålla sig väsentligt olika lång tid i vattenmassan. Finsand och grövre material (>0,063 mm) kommer snabbt att falla mot botten och landa inom drygt 30 meter från arbetspositionen. De mest finkorniga suspenderade sedimenten uppehåller sig i stället knappt 30 timmar i vattenmassan vid en strömhastighet på 10 cm/s i recipienten. Detta är några timmar längre än den beräknade tiden för genomförandet av borringen. När partiklarna har transporterats 10 km har borringen alltså redan upphört. Med andra ord blir plymen aldrig fullt utvecklad. Vid en strömhastighet på 5 cm/s uppehåller sig i stället de finkornigaste suspenderade sedimenten knappt 70 timmar i vattenmassan. Detta är betydligt längre än de 25 timmar borringen förväntas kräva. Med andra ord kommer plymen att driva vidare med strömmarna i nästan två dygn efter avslutad borring, allt medan den krymper på längden i uppströms ände när de grövsta fraktionerna av kornstorlekar sedimenterar på botten.

De olika fraktionerna av suspenderat solitt material kommer att sedimentera och pålagras över olika stora bottenytor. Storleken på dessa ytor bestäms av plymens riktning och sjunkhastigheterna samt strömhastigheten och turbulensen i recipienten. Pålagringen beräknas kunna bli över 1 dm över en yta av cirka 3 till 4 ha vid 25 meters borring för en monopile vid normala strömhastigheter i recipienten. En yta på omkring 2 ha kan få en pålagring på över 2 dm, medan en yta på 25 ha kan få en pålagring på endast över 1 cm. Om det skulle borras 25 meter djupt vid samtliga 67 planerade fundament, skulle den genomsnittliga pålagringen bli mindre än en halv cm om allt material skulle landa på botten inom projektområdet (35 000 ha).

Bottnarna som provtagits inom projektområdet bedöms inte utgöra ackumulationsbottnar. Sannolikt kommer därför de finkornigaste fraktionerna av det spridda materialet inte att stanna kvar på botten när det väl når dit, utan transporteras vidare vid tillfällen då bottenströmmarna är relativt starka. Detta gäller framför allt i de grundare delarna av projektområdet. I de djupare delarna kan en större del av materialet förväntas ligga kvar.

8.4.2 Kabelnedläggning

Vid förläggning av kablar mellan vindkraftverk och transformatorstationer samt från transformatorstationer in till landtagspunkt är det oftast önskvärt att kablarna hamnar under botten för att de ska ligga skyddade. Det är i dagsläget inte bestämt vilken metod som kommer att användas för detta arbete. Vanliga metoder är plogning eller nedspolning, men valet av metod beror på bottenmaterialet. Beräkningarna utgår ifrån att nedspolning kommer att användas, eftersom detta bedöms ge högre grad av spill än plogning och således mer omfattande miljöeffekter än övriga alternativ.

Den totala längden av internkabelnätet uppskattas till cirka 135 km. Vid kabelnedläggningen antas kabeln spolas ner i ett v-format dike med en övre bredd på maximalt 2 meter och ett djup på 1 meter, med en hastighet av 150 m/h. Omräknat till massflöde blir detta 77 kg/s. I beräkningarna antas 20 % spill, dvs att 80 % av det uppspolade materialet snabbt sjunker tillbaka över kabeln i diket. Spillflödet blir då drygt 15 kg/s. Detta spill antas forma ett moln vid arbetspositionen som sträcker sig två meter över botten och är två meter brett. Med den hastighet som antas (150 m/h) kommer det sammanlagt att spillas sediment under minst cirka fem veckors tid under detta arbete.

Kabelläggningens hastighet är i samma storleksordning som de naturliga strömhastigheterna. Om det exempelvis strömmar tvärs kabeldiket kommer därför plymen att peka med en vinkel snett bakåt i förhållande till den riktning kabeln nedspolas. Om strömmen och kabelläggningen går åt samma håll, kommer det att bildas en kortare plym med högre koncentration suspenderat material. Om de går åt motsatt håll kommer det att bildas en mer utdragen plym med lägre koncentrationer eftersom den relativa hastigheten mellan strömmen och kabelläggningen blir högre. I beräkningarna har AFRY utgått från att strömmen går tvärs diket, vilket ger koncentrationer som motsvarar ett genomsnitt av alla möjliga förhållanden.

En organism som flyter passivt med strömmarna nära botten kan komma att påverkas av suspenderade sediment från nedspolning av kabel under maximalt 30 timmar, då det är den tid det tar för att allt sediment ska hunnit sjunka till botten. Observera dock att varaktigheten av sedimentmolnet på en viss plats är mycket kort. Nära kabeldiket antas plymen vara 2 meter bred och varaktigheten blir därmed endast 48 sekunder eftersom plymen förflyttar sig med cirka 150 m/h. Vid en strömhastighet på 10 cm/s och med den plymtillväxt som predikteras av CORMIX blir plymens nedströmsände cirka 1300 meter bred, vilket ger en varaktighet av grumling på mindre än 9 timmar.

Den finaste fraktionen kan komma att färdas upp till 4 km från arbetspositionen. Koncentrationerna av suspenderat sediment vid avstånd på 100 och 1000 meter har beräknats till 500 respektive 100 mg/l.

Eftersom nedspolningsarbetet hela tiden flyttar på sig, i kombination med att sedimenten färdas mycket långt från diket, blir tjockleken av pålagringen mindre än en millimeter redan på 200 meters avstånd från kabeldiket. Kablarna kommer bitvis att läggas relativt nära varandra, vilket kommer leda till att samma bottenyta påverkas flera gånger av olika nedspolningar. Men även en kumulativ pålagring skulle bli relativt liten.

8.4.3 Sammantaget kring sedimentspridning

Beräkningarna bygger på en serie av antaganden om ingående parametrar, exempelvis när det gäller borrhastighet och utspolningshastighet. De resultat som bedöms vara mest osäkra är de som gäller borrhning för monopilefundament. Eftersom tekniken för att borra i monopile av denna storlek ännu inte är utvecklad, finns i skrivande stund ingen data att tillgå. Det kan dock tilläggas att borrhning för monopile är något som används i minsta möjliga mån eftersom det är väldigt kostsamt. Sannolikt är detta också en anledning till den begränsade tillgången på data även för de dimensioner som till dags dato varit aktuella.

Resultaten pekar emellertid som ovan redovisats på att påverkan av sedimentspridning vid borrhning och kabelspolning främst är lokal och sannolikt inte sprider sig till kusten under normala förhållanden.

Borrhning skulle kunna ske på två positioner samtidigt. I teorin skulle dock spädvattnet vid den borrhning som sker direkt nedströms en annan borrhning kunna innehålla 100–200 mg/l suspenderat sediment som kommer från uppströms borrhning, vid antagande av ett rimligt avstånd mellan intilliggande fundament. Relativt de initiala koncentrationerna vid arbetspositionen är detta dock endast en marginell ökning. Dessutom baseras beräkningarna på den provtagningspunkt där störst andel fina sediment påträffats. I övriga delar av området sprids följaktligen inte sedimenten lika långt, vilket ytterligare minskar risken för kumulativa effekter med avseende på koncentrationer av suspenderade sediment.

Om utsläppen av uppborrat material sker i undre delen av vattenmassan blir påverkansområdet betydligt mer lokalt och temporärt, jämfört med om utsläppen hade skett vid ytan. Detta beror främst på att de tunga plymerna snabbt sjunker till botten. Närheten till botten innebär att de inte hinner transportera material särskilt långt innan materialet landat.

En organism som flyter passivt med strömmarna nära botten kan komma att påverkas av suspenderade sediment från nedspolning av kabel under maximalt 30 timmar, eftersom det är den tid det tar för allt sediment att sjunka till botten. Vid borrhning av monopilefundament vid låga strömhastigheter kan påverkanstiden uppgå till cirka 3 dygn. En viss geografisk plats nära botten, i eller i närheten av projektområdet, kan dock komma att påverkas av koncentrationer av suspenderade sediment på omkring 100 mg/l under längre tid än 3 dygn, eftersom en ny plym av suspenderade sediment från borrhning eller nedspolning av kabel skulle kunna överlappa en äldre plym. Det är dock mycket osannolikt att en ny plym skulle överlappa två redan överlappande äldre plymer. Organismer som lever på eller nära botten och inte kan förflytta sig bedöms därmed inte komma att påverkas av koncentrationer på över 100 mg/l under mer cirka 6 dygn i sträck.

En bedömning av konsekvenserna av den ovan redovisade sedimentspridning görs i relevanta delar av kapitel 10, särskilt i avsnitten 10.2.1, 10.2.2, 10.2.3, 10.2.4, 10.3.4, 10.3.4 och 10.6.1.

8.5 Fysisk förändring av havsbotten

Under anläggningsfasen kommer bottenlevande organismer att påverkas främst från fysisk störning vid anläggning av fundament, erosionsskydd, transformatorstationer och förläggning av internkabelnät. Ytan som kommer att påverkas fysiskt genom ovan nämnda installationer inom Najaderna vindkraftparks projektområde är dock relativt liten, ungefär 0,2 %, av den totala ytan av projektområdet.

En bedömning av de konsekvenser som en fysisk förändring av havsbotten kan antas medföra görs i relevanta delar av kapitel 10, särskilt i avsnitt 10.2.2, 10.2.3, 10.3.4 och 10.6.1.

8.6 Artificiella rev

Fundament till vindkraftverk utgör ett nytt, hårt substrat som liknar en naturlig hårbotten och kallas för artificiella rev. För bottenfixerade fundament utgör både fundament och

erosionsskydd ett hårbottenhabitat. Då fundamenten sträcker sig hela vägen från vattenytan ner till botten leder den vertikala utbredningen till en zonering av arter, det vill säga, olika arter koloniserar stänkzonen, tidvattenzonen, grunda delar och djupa delar av fundamentet. Koloniseringen domineras vanligen av musslor, havstulpaner och makroalger nära ytan, filtrerande kräftdjur på mellanliggande djup och anemoner på de djupare delarna.

En bedömning av de konsekvenser som bildandet av artificiella rev kan antas medföra görs i relevanta delar av kapitel 10, särskilt i avsnitt 10.2.2, 10.2.3, 10.3.4 och 10.6.1.

8.7 Främmande arter

En marin art klassas som främmande om den inte förekommer naturligt i ett havsområde och har kommit dit som en följd av mänskliga aktiviteter. Marina främmande arter sprids främst via barlastvatten och som påväxt på fartygsskrov och ses som ett stort ekologiskt och ekonomiskt hot.

Under anläggningsfasen kommer fartygstrafik inom området innebära en risk för spridandet av främmande arter. Fartygen som utför anläggningen innehåller barlastvatten genom vilket främmande arter kan spridas.

Om transporterna går från närliggande hamnar minskar risken för att främmande arter ska spridas till parkområdet. Risken för att främmande arter sprids kan även påverkas av hur fundamenten transporteras till platsen, risken ökar om de bogseras i stället för att lastas på fartyg. Om fundamenten bogseras kan främmande arter få fäste på fundamenten i utskjppningshamnen och sedan introduceras i vindkraftparkens område.

Efter anläggningen av fundamenten kan dessa även fungera som "stepping-stones" och underlätta för arter att spridas över stora avstånd genom en serie av kortare kolonisationssteg (Glarou m.fl. 2020). Att nyttja fundamenten som stepping-stones kan vara särskilt relevant för arter med korta pelagiska larvstadier (Glarou m.fl. 2020).

En bedömning av de konsekvenser som främmande arter kan antas medföra görs i avsnitt 10.2.2.

8.8 Föroreningsspridning

Vid förekomst av miljögifter i sediment riskerar dessa att spridas i samband med fysisk störning av havsbotten. Miljögifter ackumuleras dock i tunna skikt och eventuell spridning är begränsad till platser där fysisk störning sker. Utspädning sker därefter i vattenkolumnen.

En bedömning av de konsekvenser som föroreningsspridning kan antas medföra görs i relevanta delar av kapitel 10, framför allt i avsnitt 10.2.2.

8.9 Undervattensbuller

Efterklang – Part of AFRY (fortsättningsvis Efterklang) har genomfört en bullerutredning avseende undervattensljud som förväntas uppstå under projektets anläggnings- och driftsfas, se Bilaga C.13. Vindkraftparkens avvecklingsfas ligger decennier in i framtiden och då det är

svårt att nu förutse vilka metoder som kan komma att användas har denna fas inte närmare utretts.

De konsekvenser som undervattensbullret bedöms få framgår i relevanta delar av kapitel 10, framför allt i avsnitt 10.2.1, 10.2.3 och 10.2.4.

8.9.1 Förutsättningar – buller och påverkan under vatten

Ljudtrycksnivån i vatten anges vanligtvis i dB relativt 1 μPa . Vid redovisning av ljudnivåer i vatten används både linjära ljudnivåer (utan vägningsfilter) samt ljudnivåer vägda med arts specifika vägningsfilter. De arts specifika vägningsfiltrena krävs vid beräkningar av undervattensbuller då ljudkänsligheten hos marint levande djur är frekvensberoende. Vägningsfiltret som används för beräkningar av påverkan på säl är hämtad från *Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects* och bär beteckningen *PCW* (Phocid Carnivores in Water). För fisk tillämpas i utredningen inget vägningsfilter eftersom använda bedömningsgrunder avser linjär ljudnivå.

Ljudtrycksnivån kan även anges med olika mått beroende på hur tryckvariationerna har medelvärdesbildats. Riktvärden för undervattensbuller anges normalt utifrån följande mått:

- SPL(top) – (Sound Pressure Level). Det maximala absoluta värdet för övertrycket eller undertrycket. Nivån anges i dB relativt 1 μPa .
- SPL(rms) – Ekvivalent ljudtrycksnivå. Kvadratisk medelvärde (RMS, Root Mean Square) av ljudtrycksnivån över en viss tid. Nivån anges i dB relativt 1 μPa . De i denna rapport använda bedömningsgrunderna gäller RMS-värden över 125 ms (millisekunder).
- SEL – (Sound Exposure Level) Ljudexponeringsnivå. Nivån beräknas från den totala ljudenergin under en viss tid. Nivån anges i dB relativt 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. SEL är den enhet som visats vara bäst relaterad till hörselskador. De i denna rapport använda bedömningsgrunderna gäller ljudexponering under 24 timmar, SEL_{24h}.
- SEL(enkel) – Denna beteckning används för att ange ljudexponeringsnivån över en ljudtopp (exempelvis ett påslag).

Den fysiologiska påverkan på vattenlevande djur delas vanligen upp i två undergrupper:

- - TTS (Temporary Threshold Shift) – Tillfällig hörselskada
- - PTS (Permanent Threshold Shift) – Permanent hörselskada

I Sverige saknas i dagsläget begränsnings- eller riktvärden som anger vilka nivåer av undervattensbuller som kan tillåtas för bullrande aktiviteter och som inte får överskridas. Bullerutredningen har istället gjort ett urval av tillgängliga bedömningsgrunder och baserat urvalet på att använda de mest nyligen uppdaterade bedömningsgrunderna och att använda vanligen förekommande bedömningsgrunder vid liknande utredningar. Bedömningsgrunderna har därför hämtats från *Danska Energistyrelsen, Vindvals rapport 6723 (Underlag för reglering av undervattensljud vid pålning)*, *ANSI-Akrediterad standardkommitté* samt det amerikanska vetenskapliga organet *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)* och summeras i Tabell 13.

I den danska energistyrelsens vägledning görs en uppdelning med olika tröskelvärden beroende på ljudets karaktär. Uppdelningen gäller impulsartat buller ("I-type sounds") och övrigt buller ("other sounds"). Impulsartat buller är främst aktuellt vid pålning under anläggningsfasen och övrigt buller är aktuellt under driftfasen.

Tabell 13. Sammanfattning av de tröskelvärden som nivåerna av undervattensbuller från pålning jämförs mot. Tröskelvärdena för SEL gäller dB relativt $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$, tröskelvärdena för SPL gäller dB relativt $1 \mu\text{Pa}$.

Djurtyp	Påverkan	Mått	Tröskelvärde, dB	Källa
Säl	PTS	I-type sounds SEL _{24h,PCW}	185	Danska Energistyrelsens vägledning
		Other sounds SEL _{24h,PCW}	201	
		SPL _(topp)	218	NOOA:s vägledning
	TTS	I-type sounds SEL _{24h,PCW}	170	Danska Energistyrelsens vägledning
		Other sounds SEL _{24h,PCW}	181	
		SPL _(topp)	212	NOOA:s vägledning
Fisk	Mortalitet och skador på inre organ	SPL _(topp)	207	Vindval rapport 6723
		SEL _(enkel)	174	Vindval rapport 6723
Ägg och larver	Mortalitet och inre skador på organ	SPL _(topp)	217	Vindval rapport 6723
		SEL _(enkel)	187	Vindval rapport 6723
Strömning	TTS	SEL _{24h}	186	Standardkommitté S3/SC1

8.9.2 Anläggningsfas

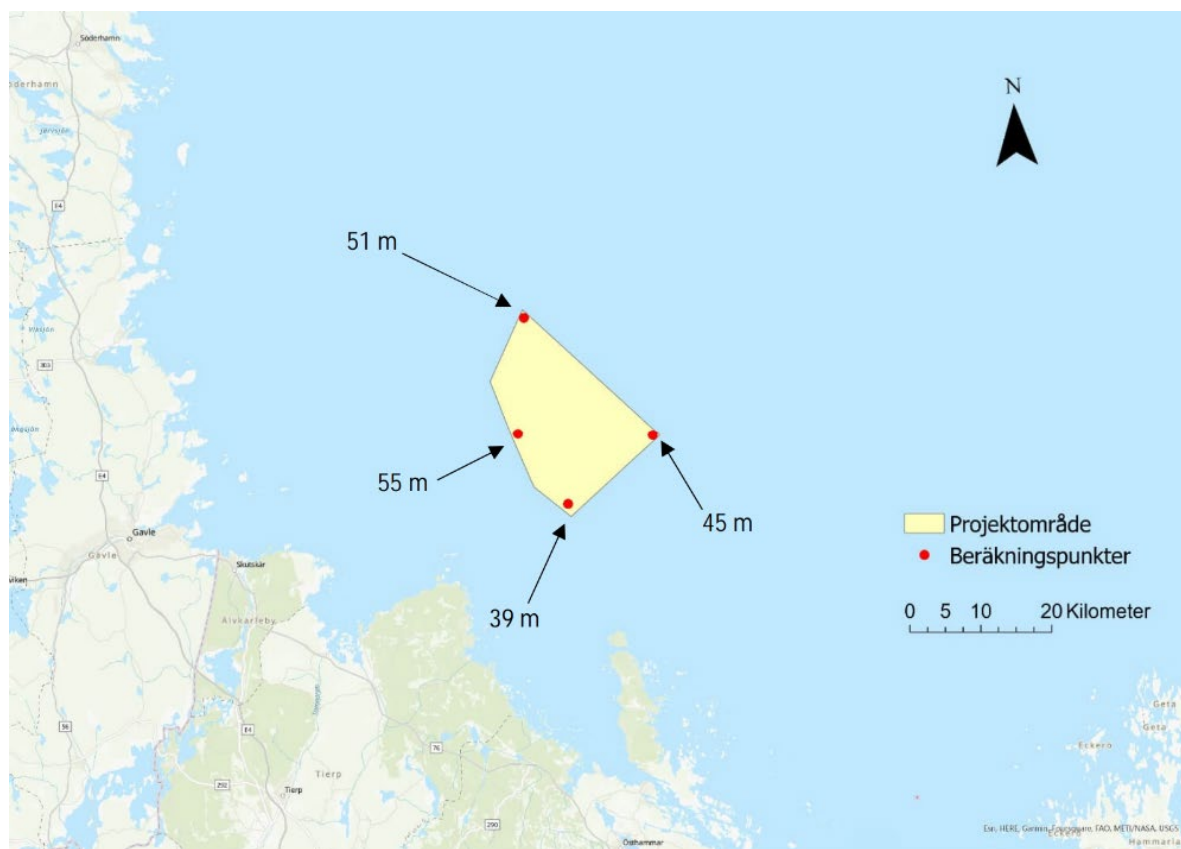
8.9.2.1 Beräkningsförutsättningar

Under anläggningsfasen förväntas bullret från pålning av fundamenten alstra högst ljudnivåer och utgöra värsta scenariot. Därför fokuserar utredningen av anläggningsfasen på pålningsarbetet. Slutgiltigt val av fundamenttyp är ej ännu beslutat och beräkningar har därför utförts för både monopile- och fackverksfundament. Monopilefundamenten planeras få en påldiameter upp till 15 meter och fackverksfundamenten upp till 3,5 meter.

Vid utbredning av buller påverkar bottendjupet ljudets utbredningsväg. För att åskådliggöra detta har bullerutredningen utfört beräkningar i fyra olika positioner med varierande bottendjup, se Figur 48. Vid redovisning av beräkningsresultaten kommer dessa positioner benämnas som norr, öst, syd och väst.

Vidare utgör havsbottens beskaffenhet en faktor som påverkar ljudutbredningen. Najadernas projektområde består till stor del av morän och varierande andel av avlagringar av postglacial

lera. Beräkningarna har konservativt antagit att morän täcker hela området. Detta ger ett worst case då leriga bottensediment har en större ljudabsorberande förmåga.



Figur 48. Utredda pålningspositioner (markerade i rött) samt bottendjup vid positionerna (källa: Bilaga C.13).

Ytterligare en faktor som är avgörande för alstrade ljudtrycksnivåer är ljudutbredningens hastighetsprofil. Hastighetsprofilen (salinitets- och temperaturberoende) varierar baserat på säsong och för området kring Najadernas projektområde är det störst skillnad i hastighetsprofil mellan vår och sommar. Beräkningsresultaten kommer därför att presenteras i vår- och sommarscenarier.

Underlag till källstyrkor är beräknade utifrån Bellman et al. 2020 vilken bygger på ett stort antal ljudmätningar från pålningsarbeten. Tabell 14 redovisar de i beräkningarna använda källstyrkorna. Dessa källstyrkor avser pålning vid full effekt, det vill säga, efter att eventuell upprampningssekvens (ökning av slagenergin) utförts.

Tabell 14. I beräkningarna använda källstyrkor.

Mått	Källstyrka pålning monopilefundament (diameter 15m)	Källstyrka pålning fackverksfundament (diameter 3,5m)
SEL _(enkel)	228 dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$	216 dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$
SPL _(topp)	250 dB rel. 1 μPa	238 dB rel. 1 μPa

För fullständig metodbeskrivning, se Bilaga C.13.

8.9.2.2 Resultat

I Tabell 15 och Tabell 16 presenteras beräkningsresultaten för ljudexponeringsnivåer (SEL_{24h}) samt maximala avstånd till tangering av tröskelvärden för säl, fisk samt ägg och larver.

Tabell 15. Beräknade ljudexponeringsnivåer SEL_{24h} anpassade med vägningsfilter för säl vid pålning av monopilefundament.

Pålningssposition	Beräknad ljudexponeringsnivå för säl $SEL_{24h,PCW}$ dB rel. 1 μPa^2s
Monopile Väst Vår	197
Monopile Väst Sommar	197
Monopile Öst Vår	197
Monopile Öst Sommar	197
Monopile Norr Vår	195
Monopile Norr Sommar	195
Monopile Syd Vår	196
Monopile Syd Sommar	196

Tabell 16. Beräknade ljudexponeringsnivåer SEL_{24h} anpassade med vägningsfilter för säl vid pålning av fackverksfundament.

Beräkningsfall	Beräknad ljudexponeringsnivå för säl $SEL_{24h,PCW}$ dB rel. 1 μPa^2s
Fackverk Väst Vår	185
Fackverk Väst Sommar	185
Fackverk Öst Vår	185
Fackverk Öst Sommar	185
Fackverk Norr Vår	183
Fackverk Norr Sommar	183
Fackverk Syd Vår	184
Fackverk Syd Sommar	184

Beräkningarna visar att det föreligger ljuddämpningsbehov för att inte överskrida angivna tröskelvärden (I-type sounds $SEL_{24h,PCW}$ 170 dB för TTS och 185 dB för PTS).

För pålning av monopilefundament beräknas ljuddämpningsbehovet att vara som mest 12 dB för undvikande av PTS och 27 dB för undvikande av TTS hos säl. För pålning av fackverksfundament beräknas ljuddämpningsbehovet att vara som mest 16 dB för undvikande av TTS hos säl. Tröskelvärdet för PTS hos säl överskrids inte.

I avsnitt 9.1.1 redovisas förslag på bullerdämpande åtgärder som kan vidtas för att begränsa bullerspridningen.

I Tabell 17 och Tabell 18 presenteras beräkningsresultat gällande maximala avstånd till tangering av de tröskelvärden som avser momentana ljudnivåer ($SPL_{(topp)}$ och $SEL_{(enkel)}$) för pålning av monopile- och fackverksfundament.

Tabell 17. Maximala avstånd till tangering av de tröskelvärden som avser momentana ljudnivåer ($SPL_{(topp)}$, $SEL_{(enkel)}$) vid pålning av monopilefundament. Avstånden gäller för pålning med full källstyrka utan upprampning.

Pålningssposition	Säl		Fisk	Ägg och Larver
	PTS	TTS	Mortalitet/Skada	Mortalitet/Skada
Monopile Väst Vår	350 m	950 m	11 km	1,5 km
Monopile Väst Sommar	350 m	850 m	10 km	1,5 km
Monopile Öst Vår	400 m	1,0 km	12 km	1,5 km
Monopile Öst Sommar	300 m	900 m	11 km	1,5 km
Monopile Norr Vår	300 m	900 m	11 km	1,2 km
Monopile Norr Sommar	300 m	850 m	10 km	1,1 km
Monopile Syd Vår	300 m	700 m	10 km	1,0 km
Monopile Syd Sommar	300 m	700 m	10 km	1,0 km

Tabell 18. Maximala avstånd till tangering av de tröskelvärden som avser momentana ljudnivåer ($SPL_{(topp)}$, $SEL_{(enkel)}$) vid pålning av fackverksfundament. Avstånden gäller för pålning med full källstyrka utan upprampning.

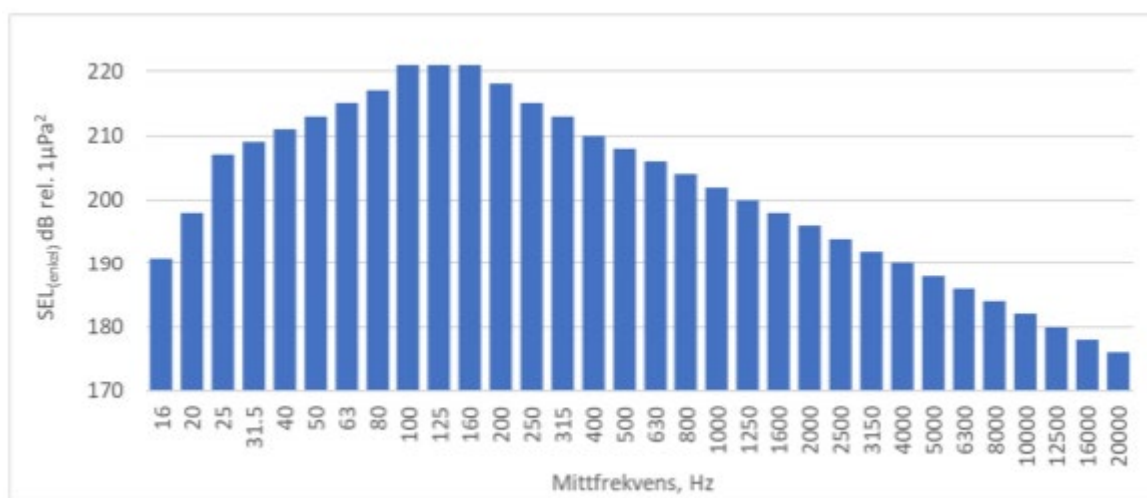
Pålningssposition	Säl		Fisk	Ägg och Larver
	PTS	TTS	Mortalitet/Skada	Mortalitet/Skada
Fackverk Väst Vår	ca 50 m	150 m	1,8 km	250 m
Fackverk Väst Sommar	ca 50 m	150 m	1,5 km	250 m
Fackverk Öst Vår	ca 50 m	150 m	1,9 km	200 m
Fackverk Öst Sommar	ca 50 m	150 m	1,8 km	200 m
Fackverk Norr Vår	ca 50 m	150 m	1,9 km	200 m
Fackverk Norr Sommar	ca 50 m	150 m	1,5 km	200 m
Fackverk Syd Vår	ca 50 m	150 m	2,0 km	200 m
Fackverk Syd Sommar	ca 50 m	150 m	2,0 km	200 m

För säl beräknas avstånden till tangering av tröskelvärdena för PTS och TTS vara som mest 400 meter respektive 1 kilometer vid pålning av monopilefundament. Vid pålning av fackverksfundament beräknas motsvarande avstånd till cirka 50 meter respektive 150 meter.

Tröskelvärdena avseende mortalitet/skada hos fisk tangeras vid som mest 11 kilometer för pålning av monopilefundament och 2 kilometer vid pålning av fackverksfundament. Tröskelvärdena avseende mortalitet/skada hos ägg och larver tangeras vid som mest 1,5 kilometer för pålning av monopilefundament och 250 meter vid pålning av fackverksfundament.

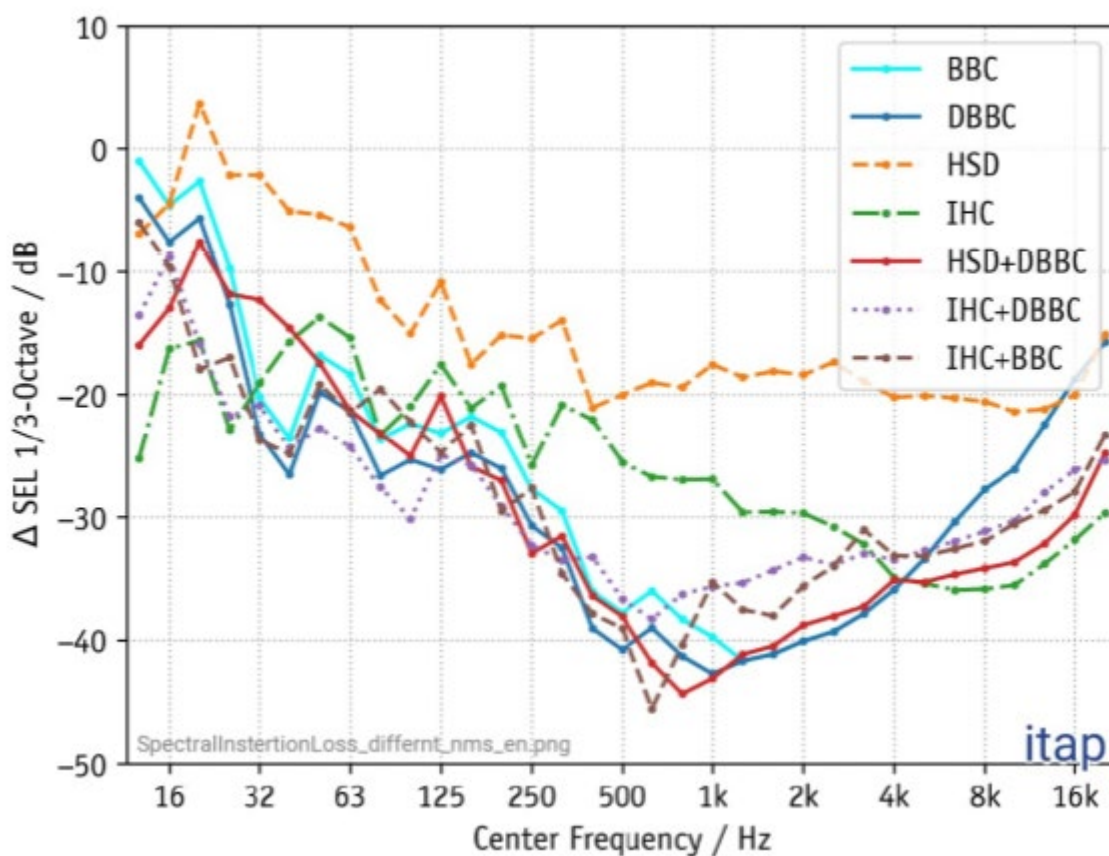
8.9.2.3 Bullerdämpning

Pålningbullret domineras av frekvenser mellan cirka 100–200 Hz, se Figur 49. För att nå en viss dämpning av de totala bullernivåerna behöver därför metoder för bullerdämpning vara effektiva inom dessa frekvensband.



Figur 49. Tersbandsnivåer för undervattensbuller vid pålning. Nivåerna har anpassats till källstyrkan $SEL_{(enkel)}$ 228 dB. Tersbanden bygger på medelvärde av de i Bellman et al. 2020 redovisade nivåerna.

I Figur 50 redovisas uppmätt ljudreduktion i tersband för olika tekniker av bullerdämpning (Bellman et al. 2020).



Figur 50. Uppmätt bullerdämpning för vidtagande av olika bullerdämpande tekniker. BBC–Big Bubble Curtain, DBBC–Double Big Bubble Curtain, HSD–Hydro Sound Damper, IHC–Noise mitigation screen. Figuren är hämtad från Bellman et al. 2020

Som framgår ovan ger de bullerdämpande åtgärderna vid frekvenserna 100–200 Hz en dämpning om cirka 20 dB. Det framgår även att dessa åtgärder ger upphov till störst dämpande effekt vid frekvenser kring 1 000 Hz.

Eftersom de bullerdämpande åtgärderna dämpar de höga frekvenserna mer än låga frekvenser kommer en större bullerdämpning att erhållas för de frekvensvägda bullernivåerna för säl jämfört med för de linjära nivåerna (utan vägningsfilter).

I Tabell 19 redovisas exempel på hur bullerdämpning av den i beräkningarna använda källstyrkan skiljer sig åt för totala linjära respektive frekvensvägda bullernivåer. Som ett exempel har uppmätt dämpning med tekniken HSD+DBBC använts.

Tabell 19. Erhållen dämpning av pålnings källstyrka, med och utan vägningsfilter säl. Som exempel visas källstyrkorna för monopilefundament.

Vägningsfilter	Källstyrka pålning monopilefundament, SEL _(Enkel) dB rel 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ på avstånd 1m	
	Odämpat	Dämpning med HSD+DBBC
Utan vägningsfilter	228	206
PCW (säl)	209	182

Av tabellen framgår att den linjära källstyrkan dämpas med 22 dB av åtgärden HSD+DBBC medan de frekvensvägda källstyrkorna minskar med 27 dB för säl.

I Tabell 20 och Tabell 21 redovisas beräknade ljudexponeringsnivåer SEL_{24h} för de olika beräkningsfallen avseende pålning då bullerdämpning har vidtagits. Tabell 20 avser pålning för monopilefundament och Tabell 21 avser pålning för fackverksfundament.

Tabell 20. Beräknade ljudexponeringsnivåer SEL_{24h} anpassade med vägningsfilter för säl. Nivåerna avser pålning för monopilefundament där bullerdämpning med teknikerna HSD och DBBC har vidtagits.

Pålningsposition	Beräknad ljudexponeringsnivå för säl SEL _{24h,PCW} dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$
Monopile Väst Vår	171
Monopile Väst Sommar	171
Monopile Öst Vår	171
Monopile Öst Sommar	171
Monopile Norr Vår	169
Monopile Norr Sommar	169
Monopile Syd Vår	170
Monopile Syd Sommar	169

Tabell 21. Beräknade ljudexponeringsnivåer SEL_{24h} anpassade med vägningsfilter för säl. Nivåerna avser pålning för fackverksfundament där bullerdämpning med tekniken HSD och DBBC har vidtagits.

Beräkningsfall	Beräknad ljudexponeringsnivå för säl SEL _{24h,PCW} dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$
Fackverk Väst Vår	158
Fackverk Väst Sommar	158

Beräkningsfall	Beräknad ljudexponeringsnivå för säl SEL _{24h,PCW} dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$
Fackverk Öst Vår	158
Fackverk Öst Sommar	158
Fackverk Norr Vår	156
Fackverk Norr Sommar	156
Fackverk Syd Vår	157
Fackverk Syd Sommar	156

Ovan redovisade nivåer visar att vid pålning av monopilefundament där bullerdämpande åtgärder vidtas överskrider inte tröskelvärden för PTS hos säl (SEL_{24h,PCW} 185 dB). TTS hos säl (SEL_{24h,PCW} 170 dB) beräknas kunna överskridas med 1 dB.

Överskridandet gäller för en tänkt mottagare som vid pålningens start börjar avlägsna sig bort från en position om 200 meter från pålningen. Beräkningsmässigt är ett avstånd av 700 meter vid pålningens (och avlägsnandets) start tillräckligt för att inte heller tröskelvärden för TTS hos säl ska överskridas.

Med bullerdämpande åtgärder vid pålning av fackverksfundament överskrider således inte tröskelvärdena.

I Tabell 22 och Tabell 23 presenteras beräkningsresultat gällande maximala avstånd till tangering av de tröskelvärden som avser momentana ljudnivåer (SPL_(topp) och SEL_(enkel)) för pålning av monopile- och fackverksfundament med bullerdämpande åtgärder.

Tabell 22. Maximala avstånd till tangering av de tröskelvärden som avser momentana ljudnivåer (SPL_(topp), SEL_(enkel) och SPL_(rms, 125 ms)). Avstånden gäller för pålning med full källstyrka utan upprampning men med vidtagande av bullerdämpning med teknikerna HSD och DBBC. Nivåerna avser pålning för monopilefundament.

Pålningssposition	Säl		Fisk	Ägg och Larver
	PTS	TTS	Mortalitet/Skada	Mortalitet/Skada
Monopile Väst Vår	ca 10 m	ca 50 m	400 m	ca 70 m
Monopile Väst Sommar	ca 10 m	ca 50 m	300 m	ca 70 m
Monopile Öst Vår	ca 10 m	ca 50 m	400 m	ca 70 m
Monopile Öst Sommar	ca 10 m	ca 50 m	300 m	ca 70 m
Monopile Norr Vår	ca 10 m	ca 50 m	400 m	ca 70 m
Monopile Norr Sommar	ca 10 m	ca 50 m	300 m	ca 70 m
Monopile Syd Vår	ca 10 m	ca 50 m	350 m	ca 70 m
Monopile Syd Sommar	ca 10 m	ca 50 m	250 m	ca 70 m

Tabell 23. Maximala avstånd till tangering av de tröskelvärden som avser momentana ljudnivåer (SPL_(topp), SEL_(enkel) och SPL_(rms, 125 ms)). Avstånden gäller för pålning med full källstyrka utan upprampning men med vidtagande av bullerdämpning med teknikerna HSD och DBBC. Nivåerna avser pålning för fackverksfundament.

Pålningssposition	Säl		Fisk	Ägg och Larver
	PTS	TTS	Mortalitet/Skada	Mortalitet/Skada
Fackverk Väst Vår	Överskrider ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Väst Sommar	Överskrider ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m

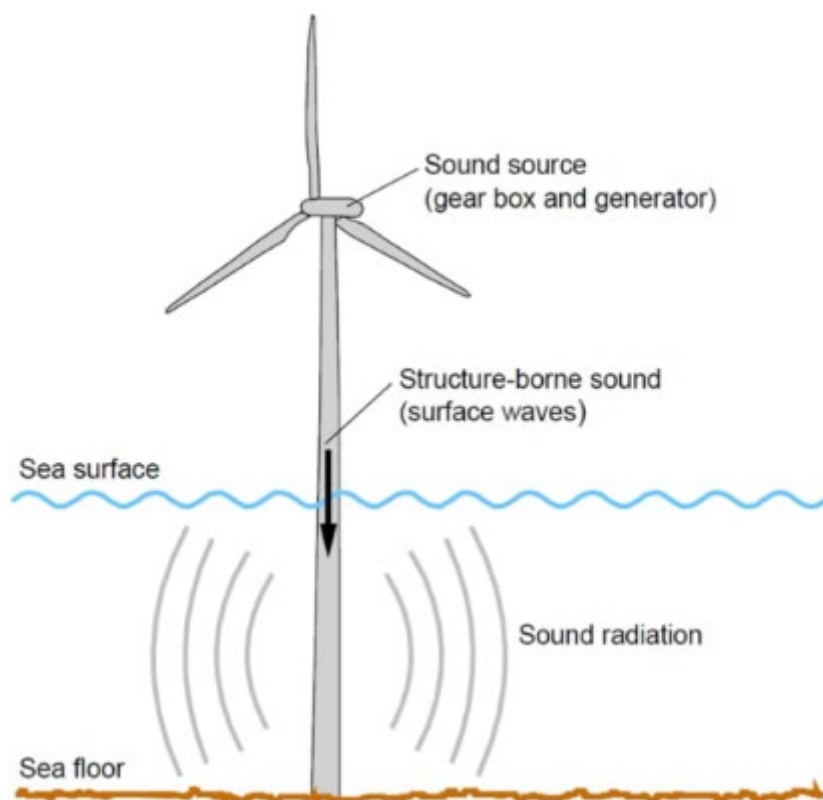
Pålningssposition	Säl		Fisk	Ägg och Larver
	PTS	TTS	Mortalitet/Skada	Mortalitet/Skada
Fackverk Öst Vår	Överskrids ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Öst Sommar	Överskrids ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Norr Vår	Överskrids ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Norr Sommar	Överskrids ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Syd Vår	Överskrids ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Syd Sommar	Överskrids ej	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m

För säl beräknas avståndet till tangering av tröskelvärde för TTS minska från 1 kilometer till cirka 50 meter vid bullerdämpad pålning av monopilefundament. För PTS hos säl är motsvarande avståndsminskning från 400 meter till cirka 10 meter. Vid bullerdämpad pålning av fackverksfundament är avståndsminskningen för TTS hos säl från 150 meter till cirka 10 meter. Tröskelvärde för PTS hos säl beräknas inte att överskridas vid bullerdämpad pålning av fackverksfundament.

Tangering av tröskelvärdena avseende mortalitet/skada hos fisk minskar från som mest 11 kilometer till 400 meter för bullerdämpad pålning av monopilefundament. För bullerdämpad pålning av fackverksfundament är motsvarande avståndsminskning 2 kilometer till cirka 50 meter. Tangering av tröskelvärdena avseende mortalitet/skada hos ägg och larver minskar från som mest 1,5 kilometer till cirka 70 meter för bullerdämpad pålning av monopilefundament. För bullerdämpad pålning av fackverksfundament är motsvarande avståndsminskning 250 meter till cirka 10 meter.

8.9.3 Driftsfas

Buller från drift av vindkraftverken alstras på två olika sätt, dels vid vattenytan genom tryckfluktuationer som uppstår vid rotorbladens passage, dels via vibrationer genom torn och fundament, se Figur 51. Det är främst vibrationer alstrade i vindkraftverkets torn som påverkar undervattensljudet. Vibrationerna från tornet kommer från växellådans kuggingrepp och generatoren. Detta ljud består främst av toner under 1000 Hz. Det luftburna ljudet från rotorerna reflekteras i stor utsträckning i vattenytan och har därmed mindre betydelse för undervattensbullret. Ljudnivåerna som alstras varierar beroende av vindkraftens storlek och aktuella vindförhållandena.



Figur 51. Principskiss över utstrålningen av undervattensbuller från ett vindkraftverk (källa: Bilaga C.13).

Forskningsprogrammet Vindval har i sin tidigare publicerade rapport *Effekter av havsbaserad vindkraft på marint liv–En syntesrapport om kunskapsläget 2021*, konstaterat att ljud från vindkraftverk under drift inte är kraftiga nog att ge varken temporära eller permanenta hörselskador på marina däggdjur även om dessa djur skulle uppehålla sig på mycket korta avstånd under en lång period. Alstrat undervattensljud verkar heller inte skrämma dem. Ljudnivåerna varierar beroende av aktuell vindhastighet, men ligger avsevärt under de ljud som alstras under anläggningsfasen och även under de nivåer som större fartyg normalt genererar (Naturvårdsverket, 2022b).

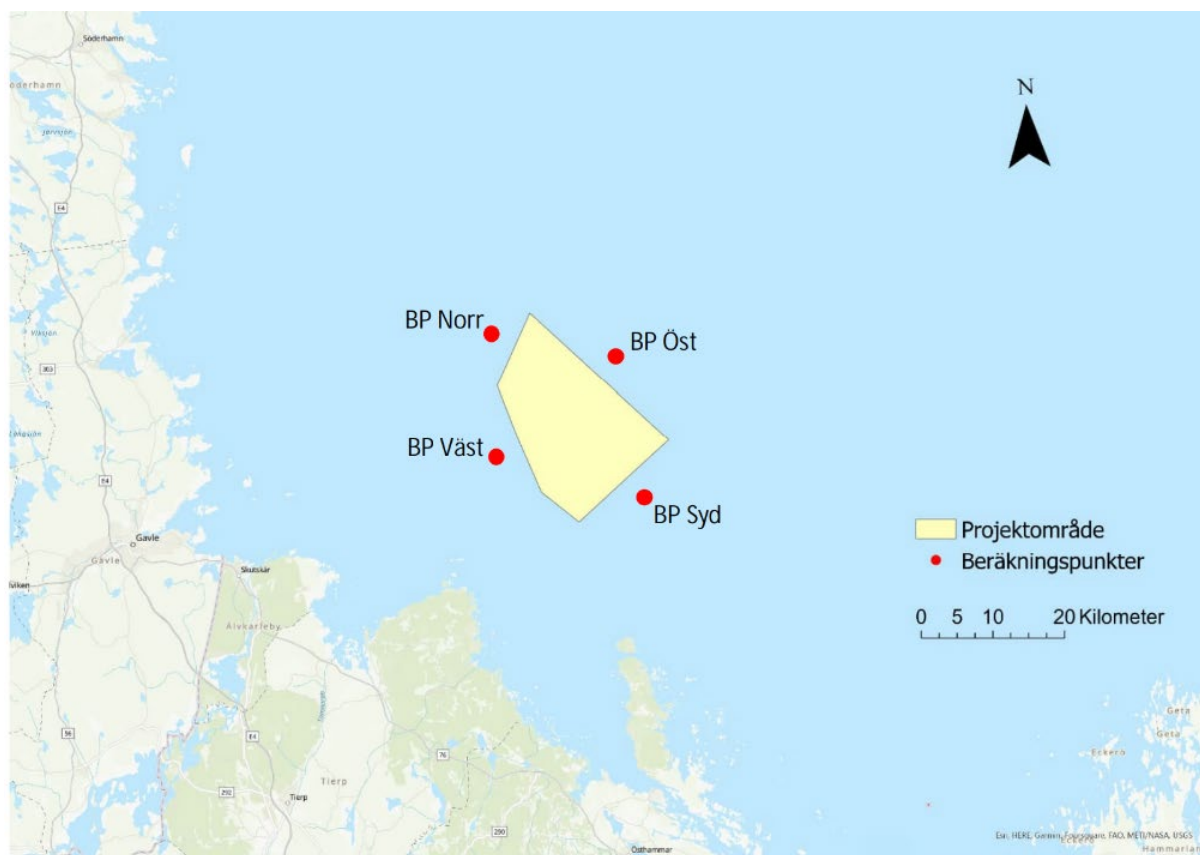
8.9.3.1 Beräkningsförutsättningar

Underlag till källstyrkor är beräknade utifrån Bellman et al. 2020 vilken sammanställer flertalet mätningar av undervattensbuller från vindkraftverk. Den i beräkningarna använda källstyrkan om 154 dB relativt 1 μPa avser ett avstånd på 1 meter från fundamenten vid en vindstyrka på 10 m/s.

I jämförelse med fartygsbuller är den beräknade källstyrkan av 154 dB relativt 1 μPa på avstånd 1 meter lägre än vad som normalt förekommer från kommersiella fartyg. Medelstora till stora kommersiella fartyg har typiskt sett en källstyrka mellan 165 och 185 dB relativt 1 μPa på avstånd 1 m, men även högre bulleralstring förekommer.

Då bottendjupet påverkar bullerspridningen kommer den se olika ut i olika riktningar. För att påvisa dessa skillnader har bullerberäkningarna utförts i nordliga, västliga, sydliga och östliga

riktningar. I Figur 52 ses de yttersta beräkningspunkterna, 3 kilometer från projektområdesgränsen. För fullständig metodbeskrivning, se Bilaga C.13.



Figur 52. Beräkningspunkter markerade med röda punkter 3 km från projektområdesgräns (källa: Bilaga C.13).

8.9.3.2 Resultat

I Tabell 24 presenteras beräknade ljudexponeringsnivåer SEL_{24h} under driftsfasen av Najadernas vindkraftpark. Resultaten redovisas för stationära mottagare på olika avstånd från områdesgränsen. Bullernivåerna är beräknade utifrån en exempellayout om 67 vindkraftverk. Likt beräkningarna för pålning under anläggningsfasen har hänsyn till säsongsberoende variationer i hastighetsprofil vidtagits (se avsnitt 8.9.2.1). Då generellt något högre nivåer av undervattensbuller beräknas för vårsenariot redovisas enbart dessa nivåer.

Tabell 24. Beräknade ljudexponeringsnivåer $SEL_{24h,PCW}$ på olika avstånd från projektområdets gräns. Nivåerna är anpassade med vägningsfilter för säl. Beräkningarna avser ett vårsenario.

Avstånd, m	Beräknad ljudexponeringsnivå för säl, $SEL_{24h,PCW}$ dB rel. $1 \mu Pa^2s$, på olika avstånd från projektområdets gräns i riktningarna			
	Norr	Öster	Söder	Väster
200	145	150	146	150
500	145	149	146	150
1 000	144	149	145	149
2 000	143	148	144	148
3 000	143	147	143	147

Beräkningarna visar att det finns god marginal till angivna tröskelvärden (Other sounds SEL_{24h,PCW} 181 dB för TTS och 201 dB för PTS). Marginalen till tröskelvärde för TTS hos säl beräknas till minst 31 dB för en stationär mottagare som under 24 timmar befinner sig 200 meter från områdesgränsen. För att tröskelvärde för TTS hos säl beräkningsmässigt ska överskridas skulle en säl under 24 timmar behöva befinna sig inom ett fåtal meter från vindkraftverken. På så pass korta avstånd kommer bullret att domineras helt av det närbelägna vindkraftverket.

Inom projektområdet beräknas det kontinuerliga driftsbullret, filtrerat med vägningsfiltret PCW för säl, att variera från cirka 100 dB SPL_{PCW} vid projektområdesgräns till cirka 139 dB SPL_{PCW} invid varje vindkraftverk. Sett till exponering över 24 timmar i stationära punkter motsvarar det ett spann mellan cirka 150 dB till 188 dB för SEL_{24h,PCW} inom Najadernas projektområde.

8.10 Utsläpp av olja och kemikalier

Till följd av den ökade fartygstrafiken i vindkraftparkens område under anläggnings- och avvecklingsfasen förekommer en ökad risk för läckage av olja och bränsle. Påverkan till följd av ett utsläpp beror på flera faktorer, bland annat volymen, vilken typ av bränsle och väderförhållanden. Då marina däggdjur förekommer i området finns det risk för att individer kan komma i kontakt med spillet.

Vilka konsekvenser som utsläpp av olja och kemikalier kan riskera att få framgår av kapitel 10, i avsnitten 10.2.4 och 10.3.4.

8.11 Elektromagnetiska fält

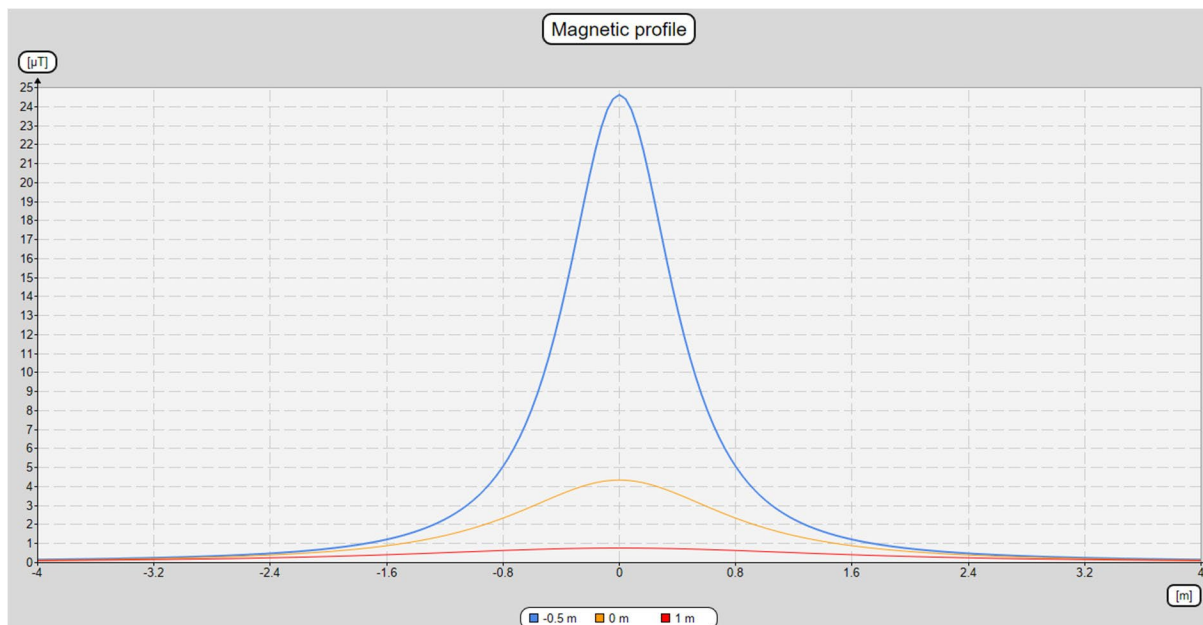
Kring elkablar alstras ett elektromagnetiskt fält, där storleken på fältet är beroende av kabelns utformning samt strömstyrkan. Det elektromagnetiska fältets styrka anges vanligen i μT (mikrotesla). Det elektromagnetiska fältet är generellt sett starkast direkt över kabeln och avtar kvadratisk med avstånd från kabeln.

COWI har beräknat omfattningen på de magnetfält som uppstår runt internkabelnäten inom Najaderna vindkraftpark, se Bilaga C.14. Beräkningarna baseras på ett 20 MW vindkraftverk och ett internkabelnät med 66 kV spänning, som är uppdelat i tolv strängar med sex, sju eller åtta vindkraftverk vardera. Beräkningen har utförts för ett så kallat worst case för kabelförband med avseende på belastningsströmmar:

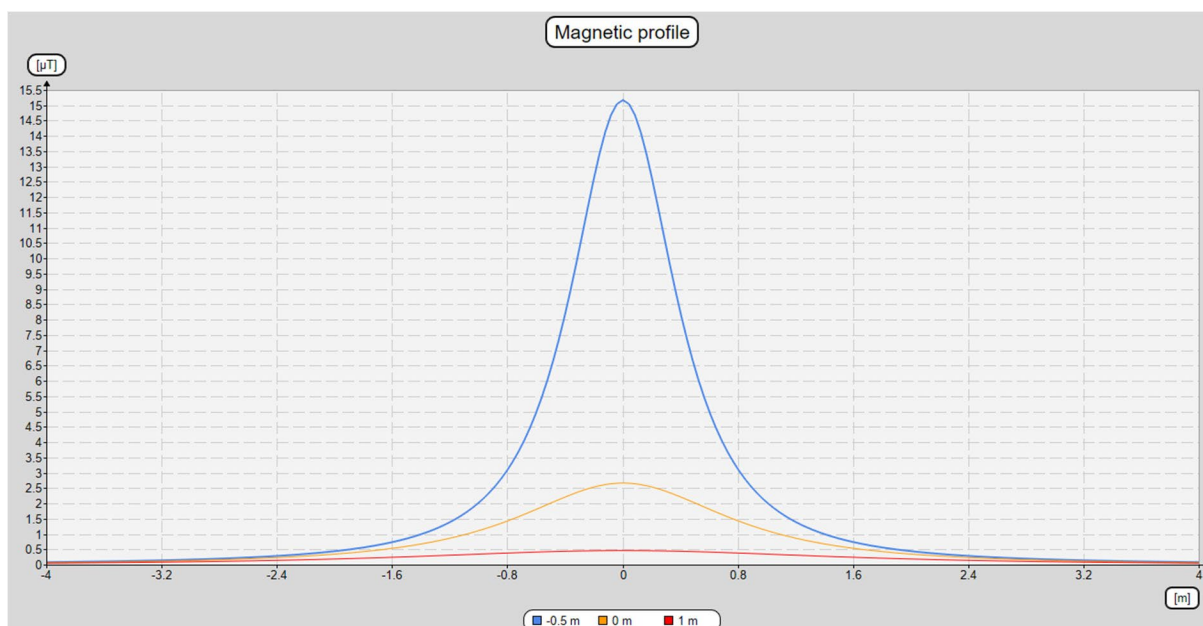
- A. 1×3 ledare 400 mm^2 Cu och belastning från tre vindkraftverk
- B. 1×3 ledare 1000 mm^2 Cu och belastning från fyra vindkraftverk
- C. 2×3 ledare 1000 mm^2 Cu och belastning från sju vindkraftverk (med två olika avstånd mellan de två parallella kablarna, 5 respektive 10 meter)

För varje fall har beräkningarna gjorts för en maximal last på 20 MW per vindkraftverk som ett värsta scenario och för en last på 12,3 MW, vilket motsvarar effekten ungefär 50 % av tiden och således normal drift. Kablarna förutsätts vara installerade 1 meter under botten och beräkningar har utförts vid nivåerna 0,5 meter under botten, vid botten och 1 meter över botten.

I Figur 53 och Figur 54 redovisas de beräknade magnetfälten för fall B, med maximal last på 20 MW respektive last på 12,3 MW, eftersom detta fall ger störst styrka på magnetfälten. Resultatet från de andra möjliga kabelanslutningarna visar på liknande styrka på magnetfältet. I Bilaga C.14 redovisas också resultatet för dessa fall.



Figur 53. Beräknat magnetfält för fall B med en maximal last på 20 MW per vindkraftverk.



Figur 54. Beräknat magnetfält för fall B med en maximal last på 12,3 MW per vindkraftverk.

Vilka konsekvenser magnetfältet bedöms få framgår av kapitel 10, avsnitt 10.2.2, 10.2.3 och 10.2.4.

8.12 Termisk påverkan

Värme som alstras i elkablarna i internkabelnätet kan orsaka en värmepåverkan på havsbotten inom projektområdet. Värmeutvecklingen är störst i närheten av kablarna och avtar med avståndet. Temperaturökningen i de omgivande sedimenten och vattenmassan närmast botten beror bland annat på förläggningsdjup och hur kablarna belastas. Temperaturökningen i omgivande botten förväntas vara relativt begränsad till kablarnas absoluta närområde. Någon kvarstående uppvärmning av vattnet direkt ovanför kablarna förväntas inte att uppstå då värmen från kabeln snabbt sprids i vattenmassan.

DGE bedömer därför att förändringar avseende termisk påverkan till följd av Najaderna vindkraftpark inte kommer att leda till några effekter av betydelse i omgivningen.

8.13 Kollisionsrisk, förlust av habitat och barriäreffekter

En vindkraftsetablering kan påverka fåglar, fladdermöss och marina däggdjur genom störningar, habitatförlust och kollisionsrisk. Störningar från närvaro av vindkraftverken, ljud och belysning samt ökad fartygsaktivitet kan leda till undanträngning från födosöksområden. Vidare kan barriäreffekter uppstå om vindkraftverk etableras i naturligt förekommande flygstråk eller födosöksområden, vilket kan innebära att aktuella arter tvingas söka alternativa stråk.

Etablering i närheten av flyttstråk ökar risken för kollision för fåglar och fladdermöss. Kollisionsrisken beror på vindkraftpakets utformning och vilken typ av fågel- och fladdermusarter som förekommer i det aktuella området.

Nattbakka Natur och Enviropanning har utrett effekterna av kollisionsrisker, undanträngning och barriäreffekter för fladdermöss från Najaderna vindkraftparks projektområde, se Bilaga C.9. Vilka konsekvenser detta bedöms få för fladdermöss framgår av kapitel 10, avsnitt 10.2.6.

Ottvall Consulting har utrett effekterna av kollisionsrisker, undanträngning och barriäreffekter för fåglar från Najaderna vindkraftpark, se Bilaga C.8. Vilka konsekvenser barriäreffekten, kollisionsrisken och habitatförlust bedöms få för fåglar framgår av kapitel 10, avsnitt 10.2.5.

8.13.1 Barriäreffekt

Barriäreffekter kan uppstå under vindkraftparkers samtliga faser. Under anläggnings- och avvecklingsfas kan de uppkomma på grund av närvaron av transport- och konstruktionsfartyg, men bedöms vara begränsade då dessa faser endast utgör en begränsad tidsperiod och är beroende av antalet fartyg som är i arbete under samma period. I början kommer påverkan vara väldigt liten, men öka i takt med att vindkraftverken färdigställs. Det omvända gäller under avvecklingsfasen. Under driftsfasen kan barriäreffekter uppkomma på grund av de fysiska vindkraftverkens närvaro. Driftsfasen är följaktligen den fas under vilken den reella barriäreffekten på migrerande fåglar kan uppstå då vindkraftverken upptar ett större område.

Barriäreffekter kan framför allt påverka fåglar på så sätt att de undviker vindkraftparken och kan därmed leda till att fåglarna tvingas flyga runt eller över vindkraftparken. Längre

flygsträcka leder till högre energikonsumtion vilket i slutändan skulle kunna få en negativ påverkan på reproduktionsframgång och överlevnad.

Barriäreffekter har påvisats vid havsbaserade vindkraftparker för migrerande sjöfåglar och rovfåglar. Barriäreffekter som leder till längre flygsträckor är en påverkansfaktor som för migrerande sjöfåglar utgör en marginell påverkan medan den kan vara av större betydelse för fåglar som dagligen flyger mellan ett födosöksområde och en viloplats.

8.13.2 Kollisionsrisk

Med kollisionsrisk avses risk för att fåglar träffas av vindkraftverkens rotorblad och uppstår således främst under driftsfasen. Under anläggnings- och avvecklingsfasen finns en teoretisk risk att fåglar kolliderar med vindkraftverken trots att de är ur drift men denna risk bedöms som försumbar för Najaderna. Kollisionsrisken uppstår för luftburen fauna, så som fåglar och fladdermöss.

Gällande fåglar är vissa arter mer utsatta för kollisionsrisk än andra då graden av undvikande varierar mellan olika arter. De fågelarter som har en långsam reproduktionscykel, det vill säga har en lång livslängd, blir könsmogna sent och föder få ungar, är de som är mest känsliga för en ökad dödlighet av till exempel vindkraft. Stora rovfåglar är exempel på fågelarter som dessutom har relativt små populationsstorlekar och kan vara särskilt känsliga för vindkraftsdödlighet.

Vissa rovfåglar är särskilt drabbade av kollisionsfall med vindkraftverk, främst havsörn och röd glada. Rovfåglar förväntas dock inte förekomma i projektområdet.

Måsfåglar är en grupp fågelarter vilka oftast inte räds att flyga in i vindkraftparker, vilket leder till en högre kollisionsrisk än för andra fågelgrupper som har ett tydligare undvikandebeteende. Tärnor uppvisar likartade beteenden som måsfåglar inför vindkraftparker. Beteendet med att undvika vindkraftparker varierar dock mellan olika tärnarter och påverkansrisken kan få olika konsekvenser beroende på populationsstorlek hos berörda arter.

Sångsvanarna väntas i första hand flyga runt Najaderna vid vårflyttningen, i andra hand flyga genom vindkraftparken med liten kollisionsrisk då de konstaterades flyga på maximalt 24 meters höjd.

8.13.3 Undanträngning

Undanträngning kan uppstå under vindkraftparkers samtliga faser, dvs anläggnings- och avvecklingsfas på grund av närvaron av transport- och konstruktionsfartyg och driftsfasen på grund av de fysiska vindkraftverkens närvaro.

Den största risken för påverkan på sjöfåglar är genom undanträngning då en vindkraftpark placeras i ett område som fåglarna i högre eller lägre grad undviker efter etablering av vindkraft. Denna effekt gäller för själva vindkraftparken men omfattar ofta dessutom ett område runt om vindkraftparken som fåglarna också undviker. Undvikandeeffekten varierar mellan arter då olika arter är mer eller mindre benägna att undvika vindkraftparkerna. För smålom har undvikandepåverkan av vindkraftparker till havs upp till cirka 10 km från

vindkraftverken dokumenterats. Alfåglar och sjöorre tycks ha undvikandeavstånd som uppgår till cirka 2 km.

Arter som dokumenterats vara känsliga för undanträngning från havsbaserad vindkraft, dvs alfågel, sjöorre, svärta, smålom och storlom, saknas i princip helt i projektområdet då djupförhållanden är olämpliga. Storskarv kan i stället öka i uppträdande efter en etablering av en vindkraftpark då dessa använder fundamenten som viloplats.

8.14 Luftburet ljud

Efterklang har genomfört en bullerutredning avseende luftburet ljud alstrat från vindkraftverken under driftsfasen, se Bilaga C.15.

Vindkraftverk i drift alstrar två slags ljud: maskinljud, som på utsidan av ett modernt vindkraftverk är mycket begränsat, samt ett aerodynamiskt ”svischande” ljud som uppkommer från rotorbladens passage genom luften. Från större komponenter i vindkraftverken såsom rotorblad och torn förekommer även lågfrekventa ljud.

8.14.1 Beräkningsförutsättningar

Beräkningarna har utgått från en planerad parklayout med 67 vindkraftverk med en effekt på 20 MW per verk och 365 meters totalhöjd. Parklayouten baseras på ett scenario där vindkraftverken är något koncentrerade till sydvästra delen av projektområdet. Detta är att betrakta som ett worst case sett till bullernivåer vid bostäder, eftersom verken då är så nära bebyggelse som möjligt. Beräkningarna är också baserade på ett teoretiskt worst case där det blåser samtidigt från alla väderstreck.

Då vindkraftverk med en effekt på 20 MW ännu inte finns tillgängliga på marknaden har beräkningarna baserats på befintliga modeller och antagits ett linjärt samband mellan ökning av ljudeffekter och ökad rotorstorlek och effekt. Detta antagande ger en ljudeffektnivå om 122 dB för Najadernas vindkraftverk.

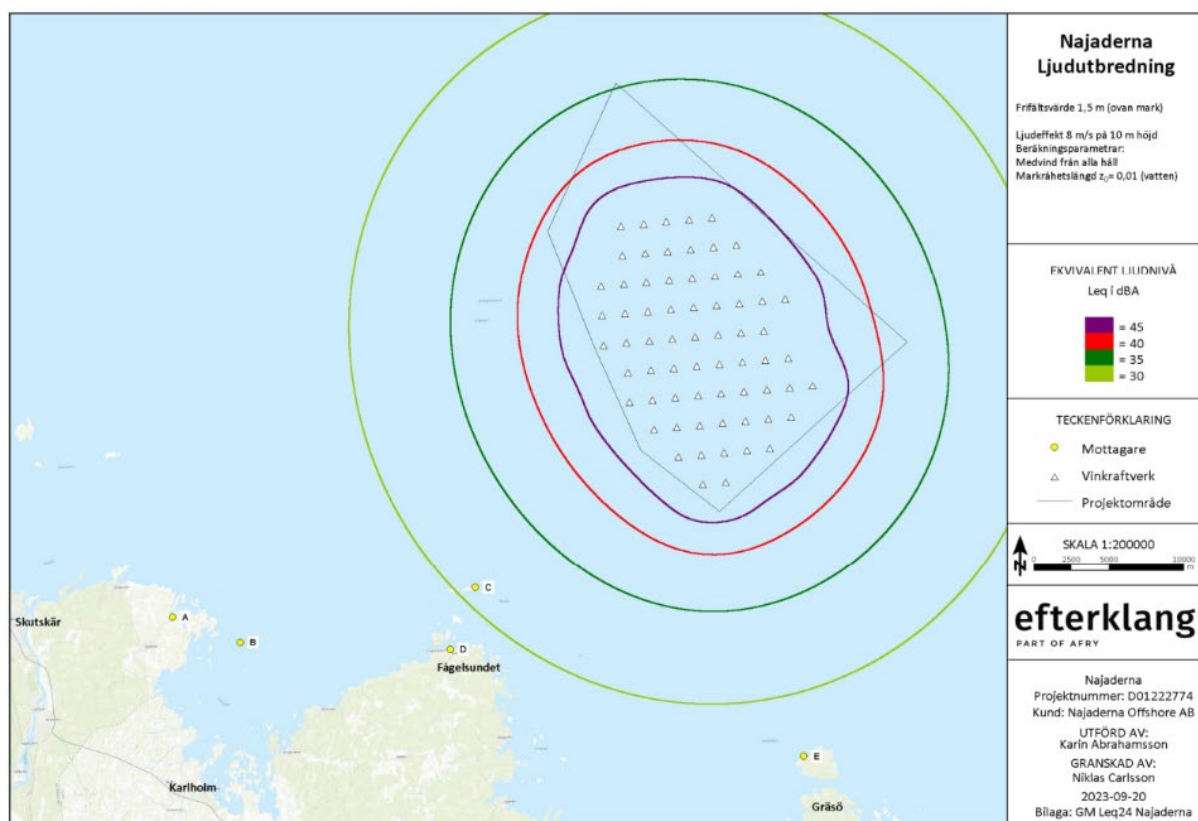
Att applicera ett antaget linjärt samband mellan effekt och ljudalstring på framtida vindkraftverk kan sannolikt anses vara en överskattning av ljudeffektnivån då ny teknik för att minska ljudalstringen ständigt utvecklas.

Större vindkraftverk innehåller normalt en något större del lågfrekvent ljud, och därför har befintliga frekvensspektrum justerats genom att ljudeffekten vid låga frekvenser har ökats och ljudeffekten vid höga frekvenser har minskats.

För fullständig metodbeskrivning, se Bilaga C.15.

8.14.2 Resultat

Resultaten redovisas som beräknade ljudnivåer i utvalda ljudkänsliga punkter där det antas finnas bostäder, se Figur 55. Resultaten jämförs sedan med Naturvårdsverkets riktvärde på 40 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus, se Tabell 25. Utöver detta har också lågfrekvent ljud undersökts och jämförts med Folkhälsomyndighetens riktvärden för buller inomhus. Vid beräkningar har fasaddämpning antagits, se Bilaga C.15 för referensvärden.



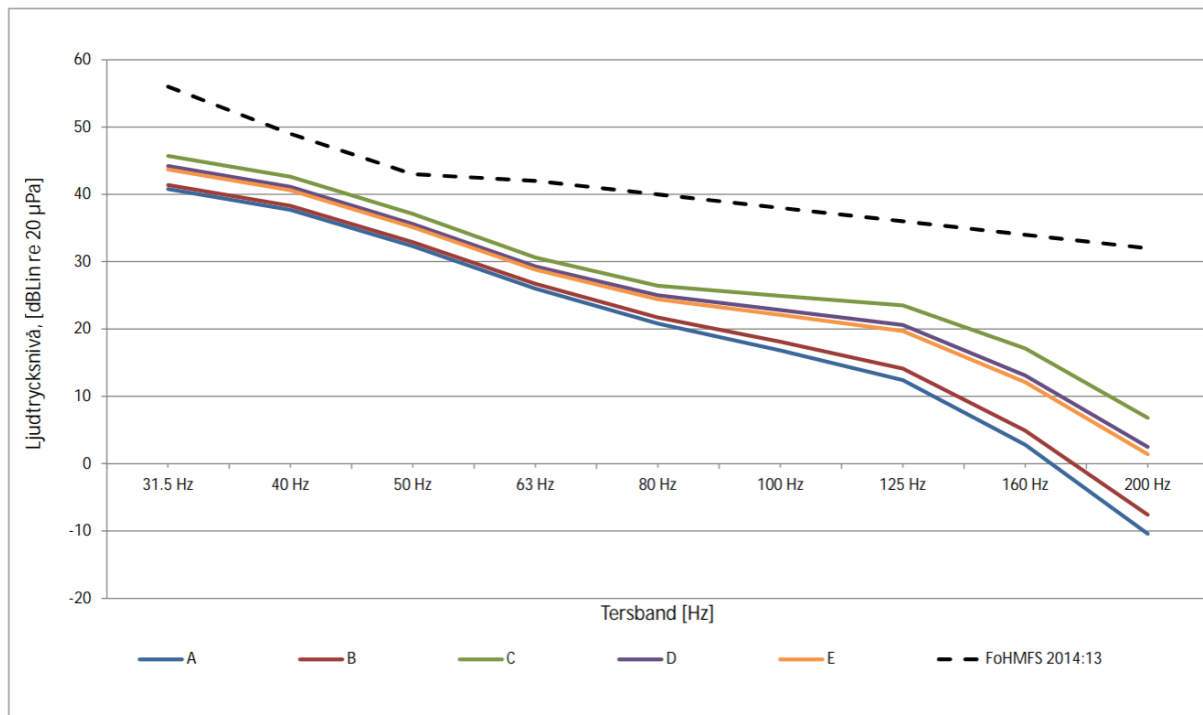
Figur 55. Ljudutbredning och beräkningspunkter (källa: Bilaga C.15).

Tabell 25. Beräknade ljudnivåer i beräkningspunkter samt dess fastighetsbeteckning.

Benämning	Fastighet	Beräknad ljudnivå Medvind alla håll LAeq (dBA)
A	Älvkarleby Gårdskär 7:1	22
B	Älvkarleby Gårdskär 31:4	24
C	Tierp Björn 1:1	31
D	Tierp Hållen 8:101	28
E	Östhammar Fyrtäpp 1:1	27

Beräkningarna visar att förväntade ljudnivåer vid antagna bostäder vid beräkningspunkterna med marginal ligger under Naturvårdsverkets riktlinjer på 40 dBA.

Detsamma gäller beräkningsresultaten för lågfrekvent ljud inomhus i jämförelse med Folkhälsomyndighetens riktvärden, se Figur 56.



Figur 56. Beräkningsresultat för lågfrekvent ljud inomhus samt jämförelse mot Folkhälsomyndighetens riktvärden (källa: Bilaga C.15).

8.15 Skuggning

Rörliga skuggor från ett vindkraftverks rotorblad kan upplevas som störande för närboende. För Najadernas vindkraftpark är avståndet för stort till närmsta bostad för att detta fenomen ska kunna uppstå.

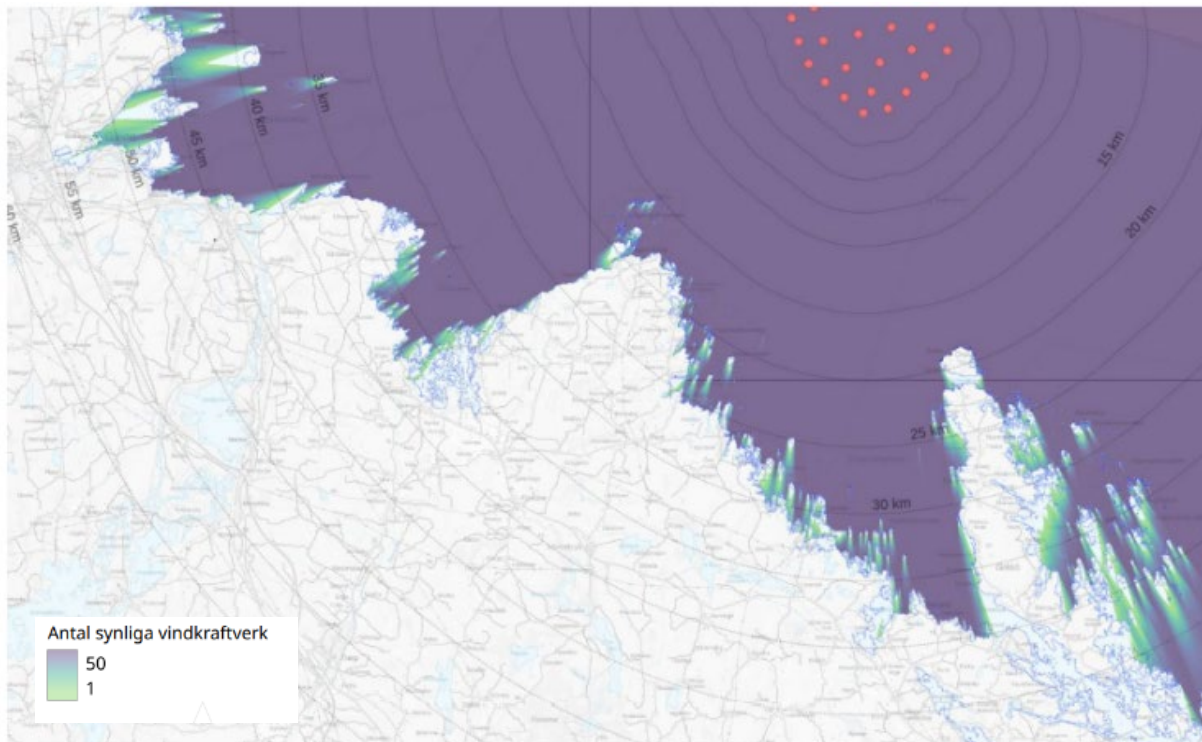
8.16 Synlighet

Vindkraftverk påverkar landskapet visuellt. Hur stor påverkan blir beror på storlek på vindkraftverket, antal vindkraftverk och avståndet till betraktaren samt typen av landskap. Hur påverkan upplevs av varje individ kan också bero på personlig inställning till vindkraft som sådan.

Eolus har låtit framställa en synbarhetsanalys som Folkesson Landskapsarkitektur fortsatt analysera, se Bilaga C.2. Synbarhetsanalysen, se Figur 57, visar att det främst är från hav och kuster som vindkraftverken kommer att vara synliga. Även om avståndet från land ut till vindkraftverken för det mesta är långt kan vindkraftverken i teorin vara synliga på flera mils avstånd vid optimala siktförhållanden. Konsekvenserna av denna synlighet bedöms i kapitel 10, särskilt i avsnitt 10.1 och 10.3.1.

Vindkraftverken kommer även att vara försedda med hinderljus för att kunna synas under skymning, gryning och nattetid av framför allt flygplan. Ljusen består oftast av ett fast rött ljus samt ett blinkande, högintensivt vitt ljus. Ljuspunkter i mörker ger upphov till en stark visuell kontrast som blicken lätt dras mot. Då det omgivande landskapet generellt är orört

kommer hinderbelysningen nattetid medföra att landskapet kommer att upplevas mer urbant än vad det är idag.



Figur 57. Synbarhetsanalys (källa: Bilaga C.2).

Då vindkraftparken är belägen till havs kommer den inte att interferera med landskapets befintliga struktur, och till följd av den flacka, oftast skogbeväxade terrängen i inlandet är det väldigt få platser inåt land varifrån verken kommer att synas. Däremot gör vindkraftparkens skala och dess stora synlighet samt kraftfulla visuella intryck att etableringen kommer att fungera som ett nytt landmärke från många platser inom trakten, och fortsättningsvis utgöra det dominerande landmärket.

Påverkan från vindkraftverk på kulturmiljö beror till stor del på de historiska epoker som det aktuella landskapet är präglad av. Då vindkraftverk alltid medför en modern prägel till landskapet kan olika grader av tidsmässig kontrast uppstå. I det aktuella landskapet återfinns områden som både formats under modern tid men också, framför allt i kustzonen, områden av mer orörd, ålderdomlig karaktär.

Av de i avsnitt 4.8.3 nämnda områdena av riksintresse för kulturmiljövården bedöms visuell påverkan uppstå på områdena C6 Hållens by och Fågelsundets fiskehamn, C16 Djursten och K802 Norrlandet–Utvalsnäs. Påverkan på dessa områden konsekvensbedöms i avsnitt 10.4.6.

Visuell påverkan på friluftsliv kan generellt sägas uppstå från platser och företeelser som har orörda naturkaraktärer. Av de platser som anses vara av betydelse för friluftslivet i området, se Bilaga C.2, kommer vindkraftverkens synlighet variera stort. Sammantaget bedöms påverkan inte i något fall påverka så pass mycket att värdet/nöjet av att besöka platserna skulle minska.

Viss visuell påverkan på de två förekommande riksintresseområdena för friluftslivet i området (*FC 01 Nedredalälven och Billudden* samt *FC 05 Öregrunds–Gräsö Skärgård*) förväntas uppstå och konsekvensbedöms i avsnitt 10.4.5

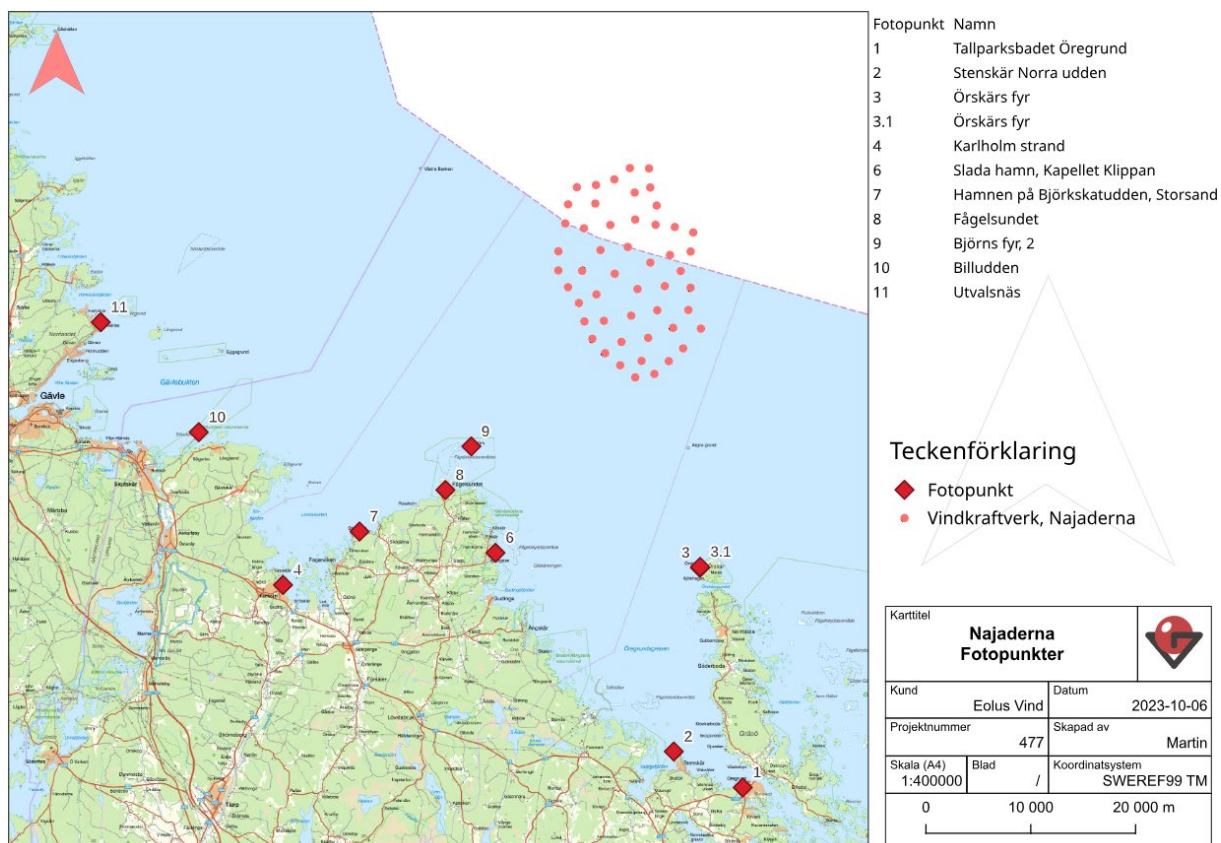
Vindkraftverken kommer i teorin att vara delvis synliga från några av de i Bilaga C.2 identifierade områden/företeelserna för turistiskt intresse. Sammantaget bedöms påverkan inte i något fall påverka så pass mycket att värdet/nöjet av att besöka platserna skulle minska.

I förhållande till vindkraftparkens storlek och den långa kuststräckan är det få bostadsfastigheter som kommer att påverkas visuellt. De bostäder som kommer att påverkas har en kustnära placering eller är belägna på öarna. Faktorer som kan komma att påverka upplevelsen är bland annat vackra utsikter, platser som sammanfaller med soluppgång/solnedgång eller riktningar i landskapet som kan framhäva/minska det visuella intrycket.

8.16.1 Fotomontage

GisVis har framställt digitala visualiseringar (fotomontage), se Bilaga C.16, för att illustrera Najadernas visuella påverkan från ett antal fotopunkter från utvalda platser i det närliggande landskapet, se Figur 58. Platserna har valts då man från dessa kan förvänta sig en mer framträdande påverkan från etableringen. Som urvalsparametrar har också funnits att platserna ska vara välfrekventerade och/eller ha särskild betydelse utifrån ett boendeperspektiv, ha särskilda bevarandevärden knutna till sig och/eller ha ett extra stort funktionellt värde (för friluftsliv, turism, näringsverksamheter etc). Val av fotopunkter har också baserats på önskemål från allmänhet, kommuner och myndigheter.

För att få verklig upplevelse av fotomontagen är det viktigt att man betraktar dem på samma sätt som kameran gjorde när man tog bakgrundfotografierna. Då använd brännvidd är 50 mm ska montagen betraktas från ett avstånd av dubbla bildens höjd.



Figur 58. Karta över fotopunkter för visualiseringar (källa: Bilaga C.16).

Fotomontage har gjorts för exempellayouter med 50 respektive 67 vindkraftverk med totalhöjd 365 meter, där det senare alternativet representerar ett värsta scenario.

I Figur 59 och Figur 60 redovisas ett urval på två av fotomontagen, båda föreställande en parklayout om 67 vindkraftverk som har valts på grundval av att vindkraftverken här syns tydligast. För samtliga fotomontage inklusive skymnings- och nattmontage, se Bilaga C.16. Varje separat fotomontage konsekvensbedöms i Bilaga C.2.



Figur 59. Visualisering av 67 vindkraftverk från Stenskärs norra udde. Röda symboler i det mindre fotomontaget förtydligar vindkraftverkens placering. Avstånd till närmsta verk är cirka 35,9 km (källa: Bilaga C.16).

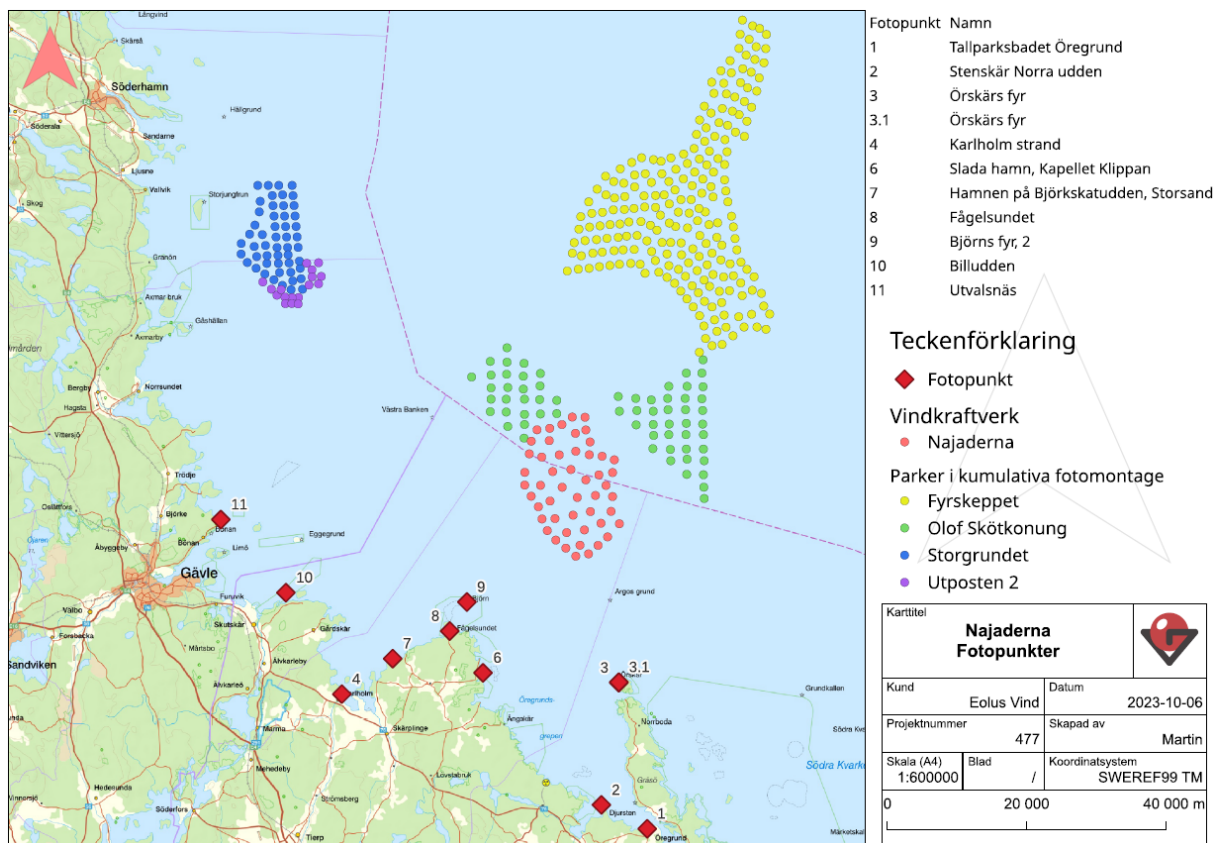


Figur 60. Visualisering av 67 vindkraftverk från Björns fyr. Avstånd till närmsta vindkraftverk är cirka 15,4 km (källa: Bilaga C.16).

8.16.2 Kumulativ påverkan

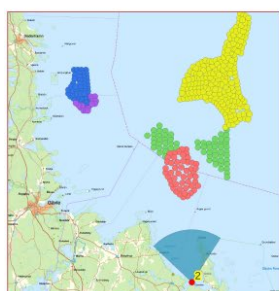
I Najadernas närområde planeras för närvarande flera andra vindkraftparker. Från flera betraktelsepunkter längs kusten kommer dessa olika anläggningar, om de byggs, att visuellt

interferera med varandra och med Najaderna. Med detta menas att verken tillhörande övriga etableringar kommer att skymta bakom verken tillhörande Najaderna, inom samma siktvvy. GisVis har framställt fotomontage som illustrerar den kumulativa påverkan, se bilaga Bilaga C.16, vilka konsekvensbedöms i Bilaga C.2. Fotopunkterna framgår av Figur 61.

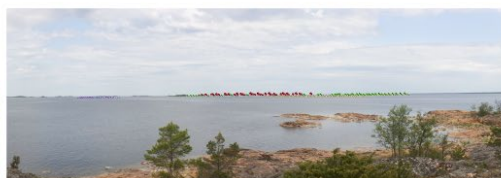


Figur 61. Karta över fotopunkter för visualiseringar inklusive övriga vindkraftparker i området (källa: Bilaga C.16).

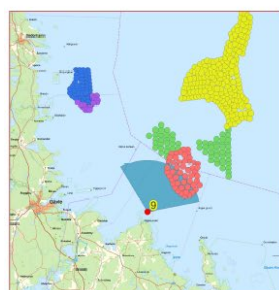
I Figur 62 och Figur 63 redovisas ett urval av färdiga fotomontage föreställande Najadernas vindkraftpark samt ytterligare fyra vindkraftparker (Fyrskeppet, Olof Skötkonung, Storgundet och Utposten 2). För samtliga fotomontage samt konsekvensbedömningar av dessa, se Bilaga C.2.



Najaderna
Fyrskäppet
Olof Skötkonung
Storgrundet
Utposten 2



Figur 62. Visualisering av 67 vindkraftverk samt närliggande planerade vindkraftparker från Stenskärs norra udde. Röda symboler i det mindre fotomontaget förtydligar vindkraftverkens placering. Avstånd till närmsta verk är cirka 35,9 km (källa: Bilaga C.16).



Najaderna
Fyrskäppet
Olof Skötkonung
Storgrundet
Utposten 2



Figur 63. Visualisering av 67 vindkraftverk samt närliggande planerade vindkraftparker från Björns fyr. Avstånd till närmsta vindkraftverk är cirka 15,4 km (källa: Bilaga C.16).

Sammantaget bedöms påverkan variera, beroende av betraktande plats, mellan ingen kumulativ påverkan och komplexa, mycket svårlästa visuella effekter genom att det svårligen kan urskiljas vilka vindkraftverk som hör till vilken etablering.

8.17 Nautiska risker

SSPA/RISE har genomfört en nautisk riskidentifiering. Denna utgör grund för en efterkommande riskbedömning och en fullständig nautisk riskanalys.

Riskidentifieringen omfattar både direkta effekter och indirekta effekter för sjöfarten. De direkta effekterna är sådana som kan påverka säkerheten för sjöfarten, medan de indirekta effekterna kopplas till de fall där sjöfartens framkomlighet begränsas och förändras till följd av en vindkraftsetablering i området. Riskidentifieringen har genomförts som en hazard-workshop (hazard identification workshop) med deltagande från SSPA/RISE, där resultatet också har delgetts Sjöfartsverket med möjlighet att lämna synpunkter. Rapporten redovisar identifierade faror och en inledande jämförande värdering av dessa för att välja ut vilka som bör analyseras mer i detalj.

Totalt identifierades 42 faror, indelade i åtta olika kategorier:

1. Trafik längs med projektområdets nordöstra sida.
2. Trafik i nordvästlig-sydostlig riktning genom projektområdet.
3. Trafik i väst-östlig riktning genom projektområdet.
4. Trafik som passerat projektområdets södra hörn på ett avstånd av ca 3,5 NM.
5. Trafik som har passerat projektområdet södra hörn på ett avstånd av ca 0,8 NM samt trafik genom parkens södra hörn.
6. Möjliga kumulativa effekter av eventuella närliggande parkområden.
7. Övrig sjötrafik/allmänt.
8. Anläggningsfas.

Bedömningarna på respektive fara är gjorda på jämförande basis, vilket innebär att farorna ställs i proportion till varandra, i syfte att identifiera de mest kritiska. Skattningarna avser scenarier då riskreducerande åtgärder inte har implementerats. För faror i anläggningsfasen har dock åtgärder i form av information om pågående arbete via Underrättelser för sjöfarande (Ufs)/Notice to Mariners (NtMs) förutsatts.

9 Skyddsåtgärder

9.1 Anläggningsfasen

9.1.1 Undervattensbuller

Najaderna Offshore åtar sig att utnyttja ljuddämpande åtgärder vid pålning, för att bullret från pålningen inte ska överskrida rekommenderade tröskelvärden för påverkan på marina däggdjur och fisk. Detta kan till exempel uppnås genom en kombination av teknikerna Hydro Sound Damper (HSD) och dubbla bubbelridåer samt genom att pålningsarbetet genomförs

med så kallad upprampning, men andra metoder med motsvarande effekt kan också komma att väljas.

9.2 Driftsfasen

9.2.1 Fladdermöss

Även om inga tecken på migration genom projektområdet finns åtar sig bolaget att ta fram och följa, i enlighet med rekommendationer av Nattbakka Natur, ett kontrollprogram där fladdermusaktiviteten mäts från ett eller ett par vindkraftverk i vindparkens mest kustnära delar efter det att vindkraftsparken är på plats. Detta föreslås för att vindkraftverken kan förändra förutsättningarna för fladdermöss, exempelvis genom att attrahera insekter. Med utgångspunkt i kontrollprogrammet ska en utvärdering av behov av skyddsåtgärder göras.

9.3 Avvecklingsfasen

Skyddsåtgärder för avvecklingsfasen tas fram i samband med den prövning av utrivning som då ska genomföras.

10 Konsekvensbedömning

Utredningarna av miljöeffekter (kapitel 8) samt underlag och inventeringar/utredningar som beskriver omgivningarna och befintliga värden (kapitel 4) utgör tillsammans med föreslagna skyddsåtgärder (kapitel 9) grunden för konsekvensbedömningarna av påverkan på:

1. befolkning och människors hälsa,
2. djur- eller växtarter och biologisk mångfald i övrigt,
3. mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap och kulturmiljö,
4. hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt,
5. annan hushållning med material, råvaror och energi samt
6. andra delar av miljön.

Konsekvensbedömningen har gjorts för de projektfaser som är relevanta. Detta framgår under respektive rubrik nedan.

Konsekvensbedömningarna är framtagna av experter inom respektive fält och fullständiga rapporter återfinns som bilagor i enlighet med förteckning i Bilaga C.1. I de fall experterna inte har använt sig av DGE:s bedömningsmetodik, se kapitel 7, har bedömningarna tolkats av DGE och översatts till denna. Där konsekvensbedömningar i sin helhet är utförda av DGE framgår detta särskilt.

10.1 Befolkning och människors hälsa

Folkesson Landskapsarkitektur har genomfört en landskapsbildsanalys av landskapets karaktär och visuella värden i Najadernas projektområdes omgivning, se Bilaga C.2. Bedömningarna har delvis gjorts med DGE:s bedömningsmetodik som beskrivs i kapitel 7.

Konsekvenser för befolkning och människors hälsa bedöms främst uppstå under driftsfasen och då till följd av påverkan av synlighet, se avsnitt 8.16, då skuggning och luftburet ljud inte är att vänta över land. Konsekvensens amplitud till följd av synlighet beror dels på betraktarens inställning till vindkraftverk, dels på vilken plats betraktaren befinner sig när vindkraftparken infinner sig i blickfånget.

Landskapsbildsanalysen konstaterar att vindkraftparken vid goda siktförhållanden kommer att vara fullt eller delvis synlig över stora vattenytor, främst i kustmiljöer och på öar. Detta gäller även nattetid då vindkraftverkens hinderbelysning vid goda siktförhållanden kan ge upphov till en komplex ljusbild.

Störst koncentration av boende återfinns framför allt i Gävle samt i tätorterna Skutskär, Karlholm och Öregrund. Däremellan är landskapet relativt glesbefolkat. Längs kustzonen återfinns dock partier av sommarhusområden vid Norrlandets kust, Långsand, Fagerviken, Storsand och Stenskär. De flesta öar saknar helt bebyggelse även om fritidshus kan förekomma.

På grund av att trakten är glesbefolkad är det relativt få bostadsfastigheter som kommer att påverkas visuellt av vindkraftparken. Vidare är vindkraftparken väl placerad i förhållande till känsliga områden och känsliga utblickar.

Baserat på ovanstående samt avsnitt 4.8 och 8.16, bedömer DGE värdet/känsligheten som små till måttliga. Påverkan på befolkning och människors hälsa, till följd av förändringar i landskapsbilden, kommer att variera från liten till måttliga beroende på varifrån vindkraftparken betraktas samt individens subjektiva perspektiv, varför konsekvenserna varierar mellan mycket små och måttliga.

10.1.1 Kumulativa effekter

De kumulativa effekterna på upplevelsen av landskapet som blir resultatet ifall både Najaderna och övriga närliggande vindkraftprojekt (Fyrskippet, Olof Skötkonung, Storgrundet och Utposten 2, se avsnitt 8.16.2) byggs, kommer givetvis att vara större än om bara en etablering skulle uppföras i närområdet. Från de platser där flera av de aktuella etableringarna kommer att kunna ses i samma siktsektor uppstår en högre visuell komplexitet ("rörighet") än vad som skulle vara fallet med endast en etablering inom samma siktvy. Denna kumulativa effekt blir särskild tydliga nattetid, med den stora mängden hinderbelysning inom samma siktsektor. Från andra platser där etableringarna inte upplevs inom samma siktsektor uppstår inte samma höga visuella "rörighet", men däremot påverkas sammantaget en längre horisontlinje, jämfört med om endast en etablering skulle uppföras.

10.2 Djur- och växtarter samt biologisk mångfald

10.2.1 Natura 2000

Det är förbjudet att utan tillstånd bedriva verksamheter eller åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön i ett Natura 2000-område. Det gäller även åtgärder utanför området om det kan påverka miljön inne i Natura 2000-området.

Inga Natura 2000-områden förekommer inom projektområdet för vindkraftparken eller i dess omedelbara närhet. Drygt 4 km norr, nordväst respektive nordost om projektområdet för vindkraftparken ligger Finngrundets norra, västra och östra bankar som är utpekade Natura 2000-områden enligt art- och habitatdirektivet (SE0630263, SE0630262 respektive SE0630260). På längre avstånd finns ytterligare Natura 2000-områden som det går att läsa mer om i avsnitt 4.6.

Finngrundet är en utsjöbank med mindre än 10 meters djup och med marina och opåverkade förhållanden, som är representativ för Södra Bottenhavet. I områdena finns stora områden med grunda hårbottenar som ger bra förutsättningar för makroalger och andra hårbottenarter. Påverkan på miljön i de tre Natura 2000-områdena har ingående utretts av NIRAS, vilket framgår av Bilaga C.5, Bilaga C.6 och Bilaga C.7. Till grund för NIRAS bedömningar ligger bland annat de utredningar av sedimentspridning och sedimentation samt undervattensbuller som genomförts av AFRY respektive Efterklang och som redogörs för i avsnitt 8.4 respektive avsnitt 8.9 (se även Bilaga C.3 och Bilaga C.13). Påverkan på bentos och marina däggdjur har visat sig betydelselös i förhållande till de tre Natura 2000-områdena, därför redogörs endast för påverkan på fisk i kommande avsnitt.

För fisk konstaterar NIRAS att Finngrundets Natura 2000-områden är som närmast 4 km bort från projektområdets yttre kant. Detta innebär att sediment visserligen kan spridas till gränsen av Natura-2000 området, men koncentrationerna kommer då att vara så låga (lägre än 100 mg/l) att det redan mot den bakgrunden har en låg påverkan på fisk. Vidare visar modelleringar att sedimentationen avtar snabbt med ökat avstånd från källan. Vid en strömhastighet på 5 cm/s kan det inom 10 meter från borrhingspositionen bildas ett 1 meter tjockt lager av sediment. 100 meter från positionen kan ett lager om 30 cm bildas, och 1 km från positionen blir lagret 0,5 cm. Påverkansytan med över 10cm tjockt lager av sediment kan bli upp emot 3 hektar. Eftersom det är minst 4 km från Najaderna till Finngrundens förväntas ingen noterbar sedimentation kunna ske i området. Ingen påverkan bedöms därför påräknas.

Hur undervattensbuller påverkar strömmingens lekbeteende och reproduktiva framgång är inte känt. Dock verkar fisk, som befinner sig på någon av Finngrundens bankar när pålning av monopiles sker, inte riskera hörselskador (TTS). Detta är sannolikt på grund av områdets batymetri, där Finngrundens grundare områden bromsar ljudspridningen. Fiskar som vistas i området beräknas sannolikt avlägsna sig från ljudkällorna under perioder med mjuk uppstart och ramp up, vilket minskar antalet potentiellt påverkade individer. För fisklarver och ägg, vilka saknar förmågan att aktivt undvika ljudkällor på samma sätt som vuxna fiskar, bedöms påverkan från undervattensbuller i samband med pålning endast ske inom Najadernas projektområde om luddämpande åtgärder vidtas. Skadliga ljudnivåer beräknas således inte kunna nå Finngrundens bankar där eventuell strömmingslek förekommer.

Beaktat ovanstående bedömer DGE att uppförande, drift och avveckling av Najaderna vindkraftpark inte kan väntas påverka miljön i Natura 2000-områdena i närheten av projektområdet. Något Natura 2000-tillstånd bedöms därmed inte krävas.

10.2.2 Bentisk fauna

Bedömning av konsekvenserna för bentisk fauna har gjorts av NIRAS och framgår av Bilaga C.5. Bedömningarna har gjorts med DGE:s bedömningsmetodik som beskrivs i kapitel 7.

10.2.2.1 Anläggningsfas

Värdena hos de vanligast förekommande arterna inom och vid Najadernas projektområde bedöms som obetydliga eftersom de är vanligt förekommande inom stora delar av Östersjön och inte är klassade som hotade eller rödlistade enligt den nationella rödlistan.

Effekterna av den sedimentspridning som beskrivs i avsnitt 8.4 bedöms som obetydliga på grund av att sedimenthalterna generellt är relativt låga och varaktigheten är kort. De högre halterna av sedimentspridningen är lokala och påverkar endast väldigt små ytor i proportion till hela projektområdet. Spridningsavståndet varar maximalt 12,5 km med lägre halter än 10 mg/l, vilket är den samma som den naturliga grumligheten under sommarperioden i Östersjön. En spridning av sedimentkoncentrationer med 100 mg/l i kortare perioder kommer inte att utgöra en negativ påverkan på närliggande bottensamhällen. Miljökonsekvenserna av den potentiella sedimentspridning och sedimentation som Najaderna kan ge upphov till, i ett worst case, under anläggningsfasen bedöms för bottensamhällen därmed vara mycket små.

På grund av att projektområdet inte hyser några särskilt känsliga eller rödlistade arter, utan i huvudsak består av de vanligast förekommande arterna i Bottenhavet, bedöms bottenfaunans känslighet för fysisk störning på botten (beskriven i avsnitt 8.5 som obetydlig. Det finns en möjlig minskning av den rödlistade biotopen AB.H3N1, främst på grund av den snabba spridningen av *Marenzelleria spp.*, som riskerar att konkurrera ut märlkräftorna.

Najaderna innebär en viss minskning av mjukbottenytor. Denna minskning är dock relativt liten i proportion till projektområdet och bedöms därför inte kunna påverka populationsutveckling eller utbredning av bentiska arter negativt.

Effekten bedöms därför som obetydlig. Konsekvensen för en fysisk påverkan på bottensamhällena bedöms därmed som obetydlig.

Det förekommer arter som kan vara känsliga för förhöjda halter av metaller och organiska föroreningar inom och i närheten av projektområdet. Baserat på förekommande arter med högst känslighet (främst olika arter av kräftdjur och musslor) bedöms känsligheten som liten, där ingen påverkan på populationsnivå förväntas. Under anläggningsfasen sprids sedimentet i vattenkolumnen genom grumling, men då grumlingen är begränsad och de föroreningshalter som uppmätts inom projektområdet (se avsnitt 4.12.4 och 8.8) inte är av betydande storlek bedöms risken för föroreningsgenerande effekter som mycket låga. Eftersom återdepositionen sker i områden med samma föroreningssituation förväntas inte heller föroreningsnivåerna i bottenarna inom eller i vindkraftparkens närhet påverkas. De sammantagna konsekvenserna under anläggningsfasen bedöms därmed vara små.

Östersjön har ett sårbart ekosystem med en begränsad mångfald av arter, vilket gör att en förändring i artsammansättningen kan ha långtgående påverkan på hela ekosystemet. Därför bedöms känsligheten för spridning av främmande arter som måttlig. Med tanke på att en introduktion av främmande arter inte helt kan uteslutas, se avsnitt 8.7, bedöms effekterna av denna spridning som små. Sammanfattningsvis bedöms de potentiella miljökonsekvenserna för spridning av främmande arter till följd av Najaderna vindkraftpark som små.

10.2.2.2 *Driftsfas*

Bottensamhällets känslighet bedöms som liten på grund av den låga biodiversiteten i hela Bottenhavet. Effekterna från en fysisk förändring under driftsfasen bedöms till obetydliga eftersom ytan som tas i anspråk av fundamenten endast utgör 0,02 % av hela projektområdet samt att hårbotten är vanligt förekommande i Bottenhavet. De sammantagna konsekvenserna av den fysiska förändringen av havsbotten bedöms som obetydliga för bentisk fauna.

På grund av att mjukbottenlevande organismers förutsättningar kan förändras bedöms känsligheten för den förändring av strömmar som beskrivs i avsnitt 8.2 som liten (små). Effekterna av förändrade strömförhållanden bedöms som obetydliga då strömhastighetsförändringarna är låga, lokalt begränsade till fundamenten och utan att påverka syreförhållanden i området. Miljökonsekvenserna av förändrade strömmar orsakade av vindkraftverken bedöms som obetydliga för bentisk flora och fauna.

Eftersom det saknas indikationer på att bottenfaunan påverkas negativt av magnetiska fält som alstras av sjökablar bedöms bottenfaunans känslighet som obetydlig. Magnetiska fält avtar med avstånd till kabeln, vilket gör att påverkan är lokalt begränsad till där kabeln är anlagd, se avsnitt 8.11. Effekterna av påverkan från magnetiska fält bedöms därför som obetydliga. Konsekvensen från elektromagnetiska fält bedöms som obetydlig för bottenlevande organismer.

Risken för ökad spridning av främmande arter som beskrivs i avsnitt 8.7 på grund av att de hårda ytor som Najaderna vindkraftpark tillför bedöms som liten. Med tanke på att hårbottenhabitat redan finns inom och i närliggande områden, som Finngrundan, bidrar inte de nya hårda ytorna med en ny unik miljö i området. Östersjön har dock ett sårbart ekosystem med en begränsad mångfald av arter, vilket gör att en förändring i artsammansättningen kan ha långtgående påverkan på hela ekosystemet. Därför bedöms värdet och känsligheten för spridning av främmande arter ändå som måttlig. Eftersom avstånden mellan varje vindkraftverk är stora, och de hårda ytorna inte är en ny miljö inom projektområdet, bedöms effekterna av en potentiell spridning av främmande arter som obetydlig. Sammanfattningsvis bedöms de potentiella miljökonsekvenserna för denna påverkansfaktor som mycket små.

10.2.2.3 *Avvecklingsfas*

Påverkan vid avvecklingsfasen anses likartad den som uppkommer under anläggningsfasen och konsekvenserna av sedimentation och sedimentspridning bedöms följaktligen också som mycket små och som små för spridning av föroreningar.

Under avvecklingsfasen kommer bottenlevande arter och habitat inte att påverkas nämnvärt av den fysiska förändringen av havsbotten där värde och känsligheten bedöms som obetydlig. Effekterna från avvecklingen av vindkraftverken förväntas vara mindre än påverkan vid anläggning och bedöms därför som obetydliga. Konsekvenserna av en fysisk förändring av havsbotten under avvecklingsfasen bedöms till obetydliga.

10.2.2.4 *Kumulativa effekter*

För bottensamhällen och habitat inom Najaderna vindkraftpark bedöms kumulativa effekter uppstå där andra projekt ger upphov till en påverkan som överlappar med påverkan från

Najaderna vindkraftpark. Sedimentation samt spridning av sediment, miljögifter och främmande arter är de faktorer som kan leda till kumulativa effekter på bottenlevande arter och habitat under anläggnings- och avvecklingsfasen. Drift av de nämnda närliggande projekten Fyrskeppet, Storgrundet och Eystrasalt (se avsnitt 4.4) förväntas inte ge kumulativa effekter.

Sedimentspridningen med koncentrationer på upp till 10 mg/l förväntas breda ut sig maximalt drygt 12,5 km från Najaderna vindkraftpark. Den vindkraftpark som planeras närmast Najaderna (Fyrskeppet) planeras på 15 km avstånd från projektområdet. Om vindkraftparkerna blir anlagda samtidigt, kan det uppstå en kumulativ effekt från sedimentspridningen i det fall plymerna från respektive vindkraftpark skulle mötas, då förhöjda halter av suspenderat sediment skulle kunna förekomma. De kumulativa effekterna för bottenlevande arter och habitat till följd av sedimentspridning bedöms dock ändå bli obetydliga. Då halterna från en sedimentplym med ett spridningsavstånd av 12,5 km är upp till 10 mg/l, vid ett tillfälle där flera plymer möts kommer den totala sedimentkoncentrationen ändå vara av mindre storlek, och bör inte påverka bottensamhällen av flora och fauna.

Det finns en risk för att spridning av föroreningar som är bundna till sediment från olika vindkraftparker kan ske till samma områden. Halterna är dock generellt sett låga. Vidare späds de förekommande föroreningarna ut vid uppgrumling när sedimentet blandas med vatten. Den kumulativa effekten av spridning mellan vindkraftparker bedöms därför som obetydlig eftersom det inte förväntas kunna påverka bottensamhällena.

Det finns en risk för att främmande arter sprids under driftsfasen av vindkraftparker, eftersom nya hårdtytor skapar möjliga habitat där nya arter kan etablera sig. I områden där flera vindkraftparker anläggs kan de agera som länkar som underlättar spridningen av arter. De vindkraftparker för vilka kumulativa effekter bedöms ligger dock på stora avstånd från Najaderna och risken för att främmande arter gynnas av dessa bedöms därför vara osannolik. Miljökonsekvenserna för kumulativa effekter från spridning av främmande arter bedöms som mycket små.

10.2.3 Fisk

Bedömning av konsekvenserna för fisk har gjorts av NIRAS och framgår av Bilaga C.6. Bedömningarna har gjorts med DGE:s bedömningsmetodik som beskrivs i kapitel 7.

10.2.3.1 Anläggningsfas

Beteendemässiga reaktioner hos strömming och andra arter kan inkludera tillfälligt undvikande av områden där exempelvis pålning pågår. Denna reaktion är dock temporär och inte nödvändigtvis negativ för individernas överlevnad. Med hänsyn till att strömming i Bottniska viken betraktas som ett homogent bestånd och då Najaderna representerar en mycket liten del av dess totala yta samt att typiska lekhabitat saknas i projektområdet, anses vindkraftparken inte vara ett kritiskt område för strömmingsbeståndet. Samtidigt är strömmingen vanlig i området, och eftersom strömmingen har mycket bra förmåga att uppfatta ljud, bör försiktighet tillämpas. Därmed bedöms strömmingens värden och känslighet som måttliga, och de sammanlagda miljöeffekterna som små. Konsekvenserna för fisk, med hänsyn till de skyddsåtgärder som beskrivs i avsnitt 9.1.1, bedöms därmed bli små.

Fisk som befinner sig inom Najaderna kan potentiellt påverkas negativt av de suspenderade sediment som beskrivs i avsnitt 8.4. Eftersom projektområdet endast utgör en liten del av Bottniska vikens totala utbredningsområde för strömming och inte utgör någon typisk lekplats för strömming så bedöms fiskbeståndets och specifikt strömmingens värden och känslighet vara små. Vidare indikerar sedimentspridningsmodellerna att spridningen av suspenderade sediment i huvudsak är begränsad och kortvarig. .

10.2.3.2 *Driftsfas*

Najaderna vindkraftpark planeras att vara i drift under 45 år. Under denna tid kommer fisk som rör sig i området att kunna detektera ljudet som genereras från turbinerna. Det är osannolikt att de ljudnivåer under driftsfas som beskrivs i avsnitt 0 kommer att generera någon betydande fysiologisk påverkan på fisk som rör sig i området. Baserat på tidigare studier som nämnts här ovan är det inte heller sannolikt att fisk kommer att undvika området på grund av dessa artificiella ljud. Däremot kan ljudet från turbiner i drift maskera ljud som är naturligt förekommande och således reducera evolutionära anpassningar till diverse biologiska processer. Strömmingen är en migrerande fiskart som temporärt uppehåller sig i projektområdet för Najaderna vindkraftpark och då i synnerhet under perioder för födosök. Fiskbeståndets, och specifikt strömmingens värden och känslighet, anses därför vara måttliga. Arten har en bra förmåga att uppfatta ljud och kan som sagt komma att påverkas negativt från den maskerande effekt som ljudet från driftsfasen kommer att generera i det absoluta närområdet. Flertalet studier på olika arter har dock visat att tätheterna av fisk tenderar att öka inom projektområden för havsbaserad vindkraft, vilket antyder att bakgrundsljudets påverkan inte har någon signifikant påverkan. Effekterna bedöms därför vara obetydliga. Den samlade miljökonsekvensen för undervattensbuller under driftsfasen anses vara mycket små.

Najaderna vindkraftpark förväntas generera många mindre lokala rev (se avsnitt 8.6 dit fiskar som röt- och hornsimpa samt tånglake kan attraheras. Även om strömmingen har förmåga att röra sig över större områden och troligen påverkas minimalt, kan den potentiellt dra nytta av mer produktiva habitat runt fundamenten. Med tanke på att arter som sik, torsk och lax är ovanliga i området, och den generella artrikedomen är låg, bedöms fiskbeståndets värden och känslighet som små och eventuella effekter som positiva. Sammanfattningsvis bedöms de totala konsekvenserna av vindkraftparken avseende fysiska förändringar av havsbotten för det lokala fiskbeståndet som positiva.

I jämförelse med pelagiska arter som strömming, lax och ål har bottenlevande arter större sannolikhet för att exponeras för elektromagnetiska fält, se avsnitt 8.11, från internkabelnätet inom projektområdet för Najaderna vindkraftpark. Trots potentiella interaktioner mellan ål och elektromagnetiska fält från vindkraftverkens kablar, antyder forskning att miljöeffekten på ål är begränsad. Med tanke på att ålen är klassad som akut hotad, är det väsentligt att försäkra att eventuella störningar som kan påverka dess överlevnad och reproduktion minimeras. Dock är ålens förekomst inom Najaderna förmodligen låg och de individer som rör sig i området kommer inte att vara stationära i direkt närhet till botten där kablagens elektromagnetiska fält är som högst. Vidare bedöms internkabelnätet inom projektområdet inte ha någon särskild betydelse för andra reproduktionsmigrerande arter så som lax och öring, vilka migrerar pelagiskt och således kommer att finnas utanför området för kablagens elektromagnetiska fält. Därför bedöms fiskbeståndets värden och känslighet vara

små och effekterna bedöms vara obetydliga. Sammanfattningsvis bedöms den totala konsekvensen av elektromagnetiska fält från internkabelnätet som obetydliga.

10.2.3.3 *Avvecklingsfas*

Det är inte studerat vilka nivåer av undervattensljud som genereras vid avveckling av en havsbaserad vindkraftpark. Sannolikt kommer avvecklingsarbeten inte alstra lika höga och störande ljud som pålning. Därmed bedöms fiskbeståndets värde och känslighet för dessa undervattensljud som måttlig och miljöeffekterna som obetydliga. Följaktligen bedöms konsekvenserna av undervattensbuller under avvecklingen av vindkraftparken som mycket små.

Det är inte studerat vilken sedimentspridning som uppstår vid avveckling av ett vindkraftverk. Eftersom kablar troligtvis grävs ner under anläggningsfasen skulle avlägsnandet av dessa sannolikt flytta och sprida kablarnas pålagrade sediment. Ett worst case vore sålunda att lika mycket sediment sprids som i anläggningsfasen. Därför bedöms fiskbeståndets värden och känslighet som små och miljöeffekterna vid avvecklingen som små. Konsekvenserna av suspenderat sediment och sedimentation på fisk under avvecklingsskedet bedöms därmed bli mycket små.

10.2.3.4 *Kumulativa effekter*

För fisk i närområdet bedöms kumulativa effekter endast kunna uppstå i de fall andra projekt anläggs samtidigt och ger upphov till en påverkan som överlappar med påverkansområdet för Najaderna. Detta bedöms som mycket osannolikt då påverkansområdet när det gäller undervattensbuller och suspenderat sediment med sekundär sedimentation under anläggande av Najaderna är relativt lokalt kring anläggningspositionen. Drift av de närliggande projekten Fyrskippet, Storgrundet och Eystrasalt (se avsnitt 4.4) förväntas inte ge kumulativa effekter.

10.2.4 Marina däggdjur

Bedömning av konsekvenserna för marina däggdjur har gjorts av NIRAS och framgår av Bilaga C.7. Bedömningarna har gjorts med DGE:s bedömningsmetodik som beskrivs i kapitel 7.

10.2.4.1 *Anläggningsfas*

Vid användande av de luddämpande skyddsåtgärder som framgår av avsnitt 9.1.1 blir påverkansavståndet för tillfällig hörselnedsättning (TTS, Temporary Threshold Shift) och permanent hörselnedsättning (PTS, Permanent Threshold Shift) för säl relativt kort. Detta i kombination med att varaktigheten också kommer att vara tämligen kort ger en effekt som bedöms som obetydlig. Därigenom bedöms även den sammanvägda miljökonsekvensen för säl gällande undervattensbuller och ljud ovanför ytan under anläggningsfasen som obetydlig.

Eftersom sälar är anpassade till ett liv i havet där grumligt och mörkt vatten förekommer naturligt har sälar inte några problem att jaga och fånga fisk i vatten med dålig sikt eller i mörker. Därför anses sälarnas känslighet för påverkansfaktorn suspenderat sediment och sedimentspridning som beskrivs i avsnitt 8.4 vara låg. Sälarna skulle visserligen kunna bli indirekt påverkade om till exempel fisk skulle påverkas negativt av suspenderat sediment eller

sedimentation, men detta anses dock inte vara någon risk eftersom påverkan även på fisk är relativt kortvarig. Effekten anses därmed vara obetydlig. Den sammanvägda miljökonsekvensen av suspenderat sediment på säl under anläggningsfasen bedöms bli obetydlig.

10.2.4.2 *Driftfas*

Enligt Efterklangens beräkningar, redovisade i avsnitt 0 undervattensbuller från vindkraftverken i drift att vara relativt låga. Påverkansområdet blir därför lokalt kring varje enskilt vindkraftverk. Varaktigheten kommer dock att vara lång eftersom den uppskattade livslängden för Najaderna uppgår till cirka 45 år. Ljudet från transporter med fartyg till och från området bedöms inte påverka sälarna eftersom de anses vara vana vid en relativt hög närvaro av fartyg och därmed också en högre ljudnivå. Effekten bedöms därför bli obetydlig. Sammantaget bedöms miljökonsekvensen av undervattensbuller under driftsfasen bli obetydlig för säl.

Det finns inga studier som tyder på att säl skulle ha svårt att navigera i ett område med strukturer som löper genom hela vattenpelaren. Den reveffekt som kan uppstå under driftsfasen (beskriven i avsnitt 8.6 skulle kunna öka mängden bytesdjur i området och därmed göra att området blir mer attraktivt för marina däggdjur under deras födosökningsperioder. Tillsammans med det skydd som området ger från de vältrafikerade farlederna runt omkring skulle detta kunna ge en liten positiv effekt på individnivå. Trots detta bedöms effekten på populationsnivå bli obetydlig. Sammantaget bedöms miljökonsekvensen från fysisk förändring av havsbotten under driftsfasen bli obetydlig för säl.

Eftersom ett elektromagnetiskt fält enbart kommer att uppstå allra närmast kabeln, att styrkan avtar mycket snabbt med avståndet från kabeln samt att det inte finns några studier som tyder på att säl använder elektromagnetiska fält bedöms effekten bli obetydlig. Sammantaget bedöms miljökonsekvensen av elektromagnetiska fält bli obetydlig.

10.2.4.3 *Avvecklingsfas*

Effekten bedöms som obetydlig eftersom påverkansområdet för undervattensbuller bedöms som lokalt under avvecklingsfasen. Vidare är varaktigheten kortvarig. Sammantaget bedöms miljökonsekvensen av ljud under avvecklingsfasen som obetydlig för säl.

Påverkansområdet för högre halter av suspenderat sediment kommer att bli lokalt och varaktigheten kortvarig. Eftersom både gråsäl och vikare är vana vid olika halter av grumling och eftersom de fortfarande kan jaga och navigera i vatten med dålig sikt anses effekten bli obetydlig. Sammantaget bedöms miljökonsekvensen av suspenderat sediment och sedimentation som obetydlig med avseende på säl.

10.2.4.4 *Kumulativa effekter*

För Najaderna vindkraftpark samt för säl som vistas i området bedöms kumulativa effekter endast kunna uppstå i de fall andra projekt anläggs samtidigt och ger upphov till en påverkan som överlappar med påverkansområdet för Najaderna.

För säl i området anses undervattensbuller vara den enda påverkansfaktorn som skulle kunna ha en kumulativ effekt. Kumulativa effekter från undervattensbuller bedöms dock som små då påverkansområdet när det gäller undervattensbuller under anläggningsfasen i Najaderna är begränsat och relativt lokalt kring anläggningspositionen, förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder används. Dock skulle den ökade fartygstrafiken i och i närheten av området kunna ha en påverkan på marina däggdjur om projektet Fyrskeppet, som ligger cirka 15 kilometer från projektområdet, skulle finnas i en liknande fas samtidigt. Den eventuella påverkan skulle då troligtvis uttryckas i beteendeförändringar där säl temporärt skulle kunna lämna områden med högre fartygstrafik.

De kumulativa effekterna från Fyrskeppet och Najaderna under driftsfasen kommer troligtvis inte ha någon påverkan på säl eftersom man sett att säl aktivt söker sig till vindkraftparker i drift för att leta föda. Konsekvensen av de kumulativa effekterna bedöms därmed bli obetydlig.

Gällande suspenderat sediment och sedimentspridning kan kumulativa effekter uppstå om vindkraftpark Najaderna anläggs samtidigt som Fyrskeppet. Eftersom säl kan jaga i tillfälligt grumligt vatten bedöms den kumulativa påverkan få en obetydlig konsekvens. Även fysisk förändring av havsbotten bedöms ha en obetydlig konsekvens när det kommer till kumulativa effekter av Najaderna tillsammans med Fyrskeppet eftersom den eventuella positiva effekten av att fisk attraheras till områdena förväntas bli så pass liten att det inte kommer ha någon nämnvärd påverkan. Kumulativa effekter gällande elektromagnetiska fält bedöms inte heller förekomma och bedöms därmed också få en obetydlig miljökonsekvens.

Både Storgrundet och Eystrasalt bedöms ligga på så pass stort avstånd från Najaderna att inga kumulativa effekter väntas förekomma.

10.2.5 4.4 Fåglar

Ottvall Consulting AB har gjort bedömningar för barriäreffekter, kollisionrisk och undanträngning av habitat för fåglar (Bilaga C.8). Bedömningarna har gjorts med DGE:s bedömningsmetodik som beskrivs i kapitel 7.

10.2.5.1 Häckande fåglar

I Tabell 26 följer konsekvensbedömningen avseende häckande fåglar.

Tabell 26. Konsekvensbedömning av Najaderna för häckande fåglar av undanträngning, barriäreffekt och kollisionrisk för driftsfasen (Bilaga C.8).

Fågelart	Känslighet	Påverkans storlek	Konsekvens	Motivering
Dvärgmås	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Arten vistas inte i projektområdet under häckningen. obetydlig påverkansrisk avseende barriäreffekt, undanträngning och kollisionrisk. Låg flyghöjd.
Fisktärna	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Få individer förväntas födosöka i projektområdet under häckningen. Obetydlig påverkansrisk avseende barriäreffekt, undanträngning och kollisionrisk. Låg flyghöjd.

Fågelart	Känslighet	Påverkans storlek	Konsekvens	Motivering
Gråtrut	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Få individer förväntas födosöka i projektområdet under häckningen. Obetydlig påverkansrisk avseende barriäreffekt, undanträngning och kollisionsrisk.
Havstrut	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Få individer förväntas födosöka i projektområdet under häckningen. Obetydlig påverkansrisk avseende barriäreffekt, undanträngning och kollisionsrisk.
Silltrut	Liten för barriäreffekt, undanträngning och kollision, men måttlig för populationspåverkan	Liten	Små utan att populationen påverkas negativt	Flyger regelbundet genom projektområdet och födosöker också där. En liten påverkansrisk av framför allt undanträngning bedöms medföra liten konsekvens.
Silvertärna	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Få individer förväntas födosöka i projektområdet under häckningen. Obetydlig påverkansrisk avseende barriäreffekt, undanträngning och kollisionsrisk. Låg flyghöjd.
Skräntärna	Måttlig	Obetydlig	Obetydlig	Bedöms endast sällsynt förekomma i projektområdet.
Sillgrissla	Måttlig	Liten	Mycket små	Låg flyghöjd ger liten kollisionsrisk, måttlig känslighet för barriäreffekt och undanträngning. Låg täthet på Najaderna bedöms medföra liten påverkan. Därmed bedöms konsekvensen som mycket små
Tobisgrissla	Måttlig	Liten	Mycket små	Låg flyghöjd ger liten kollisionsrisk, måttlig känslighet för barriäreffekt och undanträngning. Låg täthet på Najaderna bedöms medföra liten påverkan. Därmed bedöms konsekvensen som mycket små
Tordmule	Måttlig	Liten	Mycket små	Låg flyghöjd ger liten kollisionsrisk, måttlig känslighet för barriäreffekt och undanträngning. Låg täthet på Najaderna bedöms medföra liten påverkan. Därmed bedöms konsekvensen som mycket små

10.2.5.2 Rastande och födosökande sjöfågel

I Tabell 27 följer konsekvensbedömningen avseende sjöfågel.

Tabell 27. Konsekvensbedömning av Najaderna på sjöfåglar av undanträngning, barriäreffekt och kollisionsrisk för driftsfasen (Bilaga C.8).

Fågelart	Känslighet	Påverkans storlek	Konsekvens	Motivering
Alfågel	Måttlig för undanträngning	Obetydlig	Mycket små	Födosöker inte inom projektområdet och förutsättningar att vistas på Finngrundens påverkas inte då avståndet dit är minst 4 km. Känsligheten bedöms som måttlig pga undanträngning medan kollisionsrisk är liten då arten flyger lågt och barriäreffekt bedöms som marginell just här. Påverkan bedöms som obetydlig med mycket små konsekvenser.
Sjööorre	Måttlig för undanträngning	Obetydlig	Mycket små	För djupt på Najaderna för att vara ett födosöksområde. Känsligheten bedöms som måttlig pga undanträngning. Kollisionsrisk är obetydlig då arten flyger lågt och barriäreffekt bedöms som marginell just här. Påverkan bedöms som obetydlig med mycket små konsekvenser.

Fågelart	Känslighet	Påverkans storlek	Konsekvens	Motivering
Smålom och storlom	Hög för undanträngning	Obetydlig	Mycket små	Födosöker inte inom projektområdet men arternas höga känslighet för undanträngning kan innebära att vissa områden på Finngrundens inte används, vilket bedöms utgöra liten påverkan på ett fåtal individer. Konsekvenserna bedöms därmed som mycket små.
Svarthakedopping	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Liten känslighet för vindkraft och påverkan som obetydlig pga avståndet mellan kust och vindkraftsparken. Konsekvensen bedöms därmed som obetydlig
Sångsvan	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Liten känslighet för undanträngning, barriäreffekt och kollisionsrisk. Påverkan bedöms som obetydlig då barriäreffekten blir marginell och antal kollisionsfall bedöms kunna bli få. Konsekvensen bedöms därmed som obetydlig då andelen av populationen som berörs bedöms vara liten.
Tajgasädgås	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Liten känslighet för undanträngning, barriäreffekt och kollisionsrisk. Påverkan bedöms som obetydlig då barriäreffekten blir marginell och antal kollisionsfall bedöms kunna bli få. Konsekvensen bedöms därmed som obetydlig då andelen av populationen som berörs bedöms vara liten.
Vitkindad gås	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Passerar under migration med försumbar barriäreffekt och liten kollisionsrisk. Känsligheten bedöms som liten med påverkan som bedöms som obetydlig. Konsekvensen bedöms därmed som obetydlig.

10.2.5.3 Migrerande fåglar

I Tabell 28 följer konsekvensbedömningen avseende migrerande fåglar.

Tabell 28. Konsekvensbedömning för migrerande fåglar från Najaderna. Bedömningen omfattar barriäreffekt, kollisionsrisk och undanträngning (Bilaga C.8).

Fågelart	Känslighet	Påverkans storlek	Konsekvens	Motivering
Havsörn	Hög	Obetydlig	Mycket små	Hög känslighet för kollisioner men Najaderna ligger tillräckligt långt ut från kusten för att havsörnar ytterst sällan ska flyga genom projektområdet. Påverkansrisk bedöms som obetydlig och därmed blir konsekvenserna mycket små
Migrerande rovfåglar	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Liten känslighet för barriäreffekt och kollisionsrisk för riskerna i projektområdet. Få individer bedöms passera Najaderna som ligger utanför det huvudsakliga migrationsstråket. Påverkan bedöms som Obetydlig och konsekvens därmed som obetydlig
Migrerande småfåglar	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Kollisionsrisk bedöms vara låg i förhållande till mängden småfåglar som passerar projektområdet. Då långt under 1 ‰ (promille) av förbiflygande småfåglar förväntas förolyckas bedöms påverkan vara obetydlig, och konsekvensen för arterna därmed också obetydlig.
Vadarfåglar	Liten	Obetydlig	Obetydlig	Vadarfåglar födosöker inte på Najaderna och under migration sker merparten av flygningen på högre höjd än vindkraftverken, vilket ger liten känslighet. Påverkan bedöms som obetydlig och därmed obetydlig konsekvens.

10.2.5.4 Kumulativa effekter

Kumulativ påverkansrisk bedöms vara obetydlig för samtliga fågelarter förutom för silltrut där påverkansrisken bedöms som liten, vilket medför liten konsekvens, se Tabell 29.

Tabell 29. Kumulativ påverkansrisk bedöms vara obetydlig för samtliga fågelarter förutom för silltrut där påverkansrisken bedöms som liten, vilket medför liten konsekvens (Bilaga C.8).

Fågelart	Känslighet	Påverkans storlek	Konsekvens	Motivering
Häckande fåglar	Måttlig	Liten	Små	Häckande sjöfåglar och alkor bedöms vara måttligt känsliga för kumulativa effekter från vindkraftparker, fartygsaktivitet och t ex oljeutsläpp. Najaderna och Storgrundet bedöms inte vara lokaliserade till betydelsefulla födosöksområden. De berörs inte heller av samma fågelpopulationer som kan tänkas födosöka på Najaderna. Avståndet är dessutom för långt till vindkraftparkerna för den absoluta merparten av häckande fåglar, vilket innebär en kumulativ påverkan som är liten. Därmed bedöms konsekvensen vara liten
Rastande fåglar	Måttlig	Obetydlig	Mycket små	Det är i stort sett enbart sillgrissla, tordmule och måsar som kan rasta och födosöka i de planerade vindkraftparkerna Najaderna och Storgrundet. Sillgrissla och tordmule bedöms ha måttlig känslighet för kumulativa effekter i form av undanträngning, fartygsaktivitet och oljeutsläpp. Den kumulativa påverkansrisken bedöms som obetydlig då tätheter av sillgrissla och tordmule bedöms vara låga i de planerade vindkraftparkerna. Konsekvens för kumulativ påverkan bedöms därmed som mycket små
Migrerande fåglar	Liten	Liten	Obetydlig	Med den kunskap som finns idag kring omfattningen av kollisionsfall av nattmigrerande småfåglar vid vindkraftverk utgör den förväntade dödligheten av fåglar till följd av Najaderna och Storgrundet en mycket liten andel av det antal som passerar genom detta område under migration vår och höst. Negativ påverkan på småfåglarnas populationsutveckling bedöms inte vara sannolik med konsekvens av kumulativa effekter som obetydlig

10.2.6 Fladdermöss

Baserat på att Najadernas projektområde ligger som närmast 17 kilometer från kusten är det eventuella migrerande fladdermöss som kan komma att påverkas av en etablering av vindkraftparken.

Migrerande fladdermöss flyger längs med hela Östersjöns kust och skärgårdar under höst och vår och sannolikt väljer fladdermössen migrationsrutten via öar eller där avståndet över öppet hav är som kortast. Detta är dock inte vetenskapligt fastställt ännu och osäkerhet råder gällande fladdermössens benägenhet att flyga längre sträckor över öppet hav.

Att utesluta att migrerande fladdermöss förekommer inom Najadernas projektområde går ej att göra, även om de troligaste migrationsrutterna förekommer söder om projektområdet.

Baserat på ovanstående slutsatser från Nattbakka (Bilaga C.9) samt avsnitt 4.17, bedömer DGE värdet för området gällande fladdermöss vara obetydliga och effekterna av påverkan

som beskrivs i avsnitt 8.13.2 som obetydliga till små, konsekvenserna blir därmed obetydliga. Bedömningen utgår från den osäkerhet som råder gällande fladdermössens benägenhet att migrera över öppet hav vilket gör att påverkan inte kan uteslutas helt.

10.3 Mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap, bebyggelse och kulturmiljö

10.3.1 Landskap och nyttjandevärden

Till följd av havets öppenhet och vindkraftverkens antal och storlek kommer Najaderna vid goda siktförhållanden vara delvis eller fullt synliga över stora vattenytor. Då vindkraftparken är belägen till havs kommer vindkraftverken dock inte att påverka landskapets rumslighet eller riktningar. Vindkraftparken kommer att fungera som ett nytt landmärke vilket kan komma att konkurrera med vissa nuvarande landmärken till havs, så som fyrar och sjömärken. Inåt land är det dock från ytterst få platser som verken kommer att vara synliga.

Känslan av orördhet till följd av den glesa bebyggelsen och stora opåverkade naturområden kan i viss mån komma att påverkas vid kusten. Detta gäller även nattetid då verkens hinderbelysning kan komma att påverka landskapsbilden.

Landskapets användbarhet kommer inte att påverkas och inga aktiviteter eller verksamheter som bedrivs i landskapet kommer att försvåras. Eventuellt kan kvaliteten på den visuella upplevelsen påverkas, men inga upplevelsevärden gällande kultur, turism och friluftsliv bedöms påverkas så att värdet/nöjet med att besöka platserna skulle förminskas.

Sammantaget, i förhållande till vindkraftparkens storlek, blir det totalt sett milda effekter på landskapet. Detta beror främst på att trakten är glesbefolkad och att vindkraftparkens placering ligger väl i förhållande till känsliga områden.

Beaktat ovanstående bedömer DGE känsligheten i landskapets nyttjandevärde som litet och den samlade påverkan som liten. Konsekvenserna för landskapets nyttjandevärde blir därmed mycket små. Kumulativ påverkan till följd av synlighet konsekvensbedöms i avsnitt 10.1.1.

10.3.2 Kusterosion

Reducerade våghöjder skulle kunna påverka en kust som är känslig för förändringar i sedimenttransport. En bedömning utifrån tillgängliga flygbilder är emellertid att den närmaste svenska kusten söder och öster om Najaderna främst består av klippor och grovt material. Den är dessutom mycket oregelbunden med många vikar och uddar. Både materialsammansättningen och geometrin talar därför för att kusterosion inte kommer att förändras av en viss reduktion av våghöjd. Om det lokalt finns ackumulationsbottnar på relativt grunt vatten skulle möjligen en något ökad sedimentation kunna noteras i sådana områden på lång sikt.

DGE bedömer beaktat ovanstående känsligheten för kusterosion som obetydlig. Med hänsyn till den förhållandevis begränsade reduktionen i våghöjd, ca 5 % i lä om vindkraftparken och mätbart på upp till 50 km, som framgår av avsnitt 8.3 så bedöms vidare påverkan som liten. Konsekvenserna blir därmed obetydliga.

10.3.3 Miljöövervakning

Ingen nationell eller regional miljöövervakningsprovpunkt ligger inom Najaderna vindkraftparks projektområde.

Värdet av ett fungerande miljöövervakningsprogram har bedömts vara stort. Inför anläggningsfasen samt längre fram, under avvecklingsfasen, kan samordning med miljöövervakningen sannolikt underlätta provtagningen även under den tid anläggnings- respektive avvecklingsfasen pågår. Effekterna, exempelvis från sedimentspridning och undervattensbuller, bedöms därmed bli obetydliga och konsekvenserna mycket små. Några konsekvenser bedöms inte uppstå under driftsfasen och inte heller kan några kumulativa effekter förutspås.

10.3.4 Miljökvalitetsnormer

Projektområdet för vindkraftparken berör ingen vattenförekomst som omfattas av miljökvalitetsnormer (MKN) enligt 5 kap miljöbalken men sammanfaller delvis med vattenförekomsten Del av Bottenhavets utsjövatten (delarna SE620333-175418 och SE603634-183531) som regleras av EU:s gemensamma ramverk för havsmiljön, i Sverige delvis implementerat i Havsmiljöförordningen (2010:1341). Havsmiljödirektivet har endast två statusklasser, god miljöstatus och ej god miljöstatus. Vad som är god miljöstatus bedöms utifrån bilaga 2 i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift 2012:18.

DGE har genomfört en bedömning av påverkan på möjligheterna att nå god status i de aktuella utsjövattnen, se Tabell 30. För respektive miljökvalitetsnorm finns indikatorer som har ett målvärde för att bedöma om miljökvalitetsnormen följs. Miljökvalitetsnormerna följs då målvärdet för respektive indikator uppfylls.

Tabell 30. Bedömning av påverkan från Najaderna vindkraftpark på möjligheten att nå eller upprätthålla god miljöstatus för relevanta deskriptorer med tillhörande indikatorer. Bedömd status framgår under respektive Indikator.

Deskriptor	Indikatorer	Bedömning
Deskriptor 1. Biologisk mångfald	Fåglar (1.2A, 1.2B) <i>Uppnår god status (2018)</i>	Bedömda konsekvenser för relevanta fågelarter varierar mellan <i>obetydliga</i> och <i>små</i> . Därav bedöms ingen påverkan på möjligheten att nå eller upprätthålla god miljöstatus för fågel.
	Pelagisk och demersal fisk (1.2H, C.4.1) <i>Uppnår ej god status (2018)</i>	Bedömda konsekvenser för fisk varierar mellan <i>positiva</i> och <i>små</i> negativa. Därav bedöms ingen påverkan på möjligheten att nå god miljöstatus för fisk.
	Gråsäl (1.2C, 1.3A, 1.3B, 1.4B) <i>Uppnår ej god status (2018)</i>	Bedömda konsekvenser för gråsäl förväntas bli <i>obetydliga</i> . Därför bedöms ingen påverkan på möjligheten att nå eller upprätthålla god miljöstatus för gråsäl.
Deskriptor 2. Främmande arter	Introduktioner av nya främmande arter (2.1A) <i>Uppnår ej god status (2018)</i>	Introduktion av främmande arter kan inte helt uteslutas men konsekvenserna har bedömts som mycket små. Viss risk för påverkan på status föreligger.

Deskriptor	Indikatorer	Bedömning
Deskriptor 4. Marina näringsvävar	Fåglar (1.2A, 1.2B) Pelagisk och demersal fisk (1.2H, C.4.1) Gräsäl (1.2C, 1.3A, 1.3B, 1.4B) <i>Bedömning av status ej möjlig, metod för sammanvägning för kvantitativ bedömning per kriterium saknas.</i>	Behandlas under Deskriptor 1 då det inte finns indikatorer för hela näringsväven och någon bedömning av påverkan på miljöstatus inte är möjlig.
Deskriptor 6. Havsbottnen integritet	Utsträckning av fysisk störning i bentiska livsmiljöer (6.3A) <i>Fullständig bedömning av status ej möjlig</i> Bottenfauna i utsjövatten (5.8B) <i>Bedömning ej gjord i Bottenhavet (2018)</i>	Ingen påverkan på möjligheten att uppnå god miljöstatus, framför allt då inverkan på botten är liten i förhållande till arealen mjukbotten både inom projektområdet och generellt i Bottenhavet. De arter av bottenfauna som identifierats i undersökningarna inom projektområdet är vanliga i Bottenhavet och i övriga delar av Östersjön
Deskriptor 7. Bestående förändringar av hydrografiska villkor	Indikatorer saknas <i>Bedömning ej möjlig</i>	Eftersom det inte finns några indikatorer går det inte att bedöma vindkraftparkens påverkan på miljöstatus och miljö kvalitetsnorm, det förväntas dock inte någon negativ påverkan på marina ekosystem till följd av förändringar i de hydrografiska villkoren.
Deskriptor 8. Koncentrationer och effekter av farliga ämnen	Volym av upptäckta olagliga eller olycksrelaterade utsläpp av olja och oljeliknande produkter (8.3A). <i>Uppnår ej god miljöstatus (2018)</i>	Nautiska risker kommer att utredas vidare i projektet.
Deskriptor 11. Undervattensbuller	Indikatorer saknas <i>Bedömning av status ej möjlig</i>	Eftersom det inte finns några indikatorer går det inte att bedöma vindkraftparkens påverkan på miljöstatus och miljö kvalitetsnorm. Vidtas skyddsåtgärder i form av bullerdämpning vid pålning förväntas ingen negativ påverkan på populationer av marina däggdjur eller fisk

10.3.5 Klimatnytta och klimatpåverkan

Svensk el produceras över lag från fossilfria källor som till exempel vattenkraft. Dock är Sverige en nettoexportör av el, och de svenska fossilfria elproduktionskällorna bidrar därmed till att minska behovet av fossila källor i övriga Europa, där de genomsnittliga koldioxidutsläppen från elproduktion är högre. Den förväntade elproduktionen från Najaderna vindkraftpark på cirka 4–5 TWh per år skulle bidra till en utsläppsminskning av växthusgaser med cirka 2,7 miljoner ton per år, vilket motsvarar cirka 6 % av de samlade svenska utsläppen för 2022. Normalt anger man att ett havsbaserat vindkraftverk genererar den energi som gått åt för tillverkningen på cirka åtta månader (Energimyndigheten, 2021).

De effekter som depågående klimatförändringarna kan komma att påverka projektet med utgörs framför allt av stigande havsnivåer och kraftigare oväder. Den planerade vindkraftparken kommer att dimensioneras för dessa scenarion.

Klimatets värde har bedömts vara högt och effekterna av projektet som positivt bedömt över hela sin livslängd (samtliga faser). Konsekvenserna blir därmed positiva.

10.3.6 Marinarkeologi

Marinarkeologiska värden skulle främst kunna påverkas av direkta fysiska ingrepp. Liksom framgår av avsnitt 4.9 finns två fartyglämningar registrerade i KMR (L1939:2649 och L139:2648) inom projektområdet. Utöver de två registrerade lämningarna finns förlisningsuppgifter om fartygen *Ludwig* och *Wermland*.

Så snart geofysiska undersökningar har utförts i projektområdet kommer fortsatta marinarkeologiska utredningar att fortgå. Det är Najaderna Offshores föresats att anpassa slutliga placeringar av alla installationer så att påverkan på eventuella lämningar kan undvikas; erfarenhetsmässigt har skyddsavstånd på mellan 50 och 80 meter bedömts tillräckliga. Några konsekvenser för marinarkeologin uppstår då inte. All vidare hantering av marinarkeologin kommer att ske inom ramen för kulturmiljölagen.

10.4 Hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt

Runt omkring och i Najaderna vindkraftparks projektområde finns flera riksintressen utpekade, se Figur 8 på sidan 34.

Enligt 3 kap 1 § miljöbalken ska mark- och vattenområden användas för det eller de ändamål för vilka områdena är mest lämpade med hänsyn till beskaffenhet och läge samt föreliggande behov. Företräde ska ges sådan användning som medför en från allmän synpunkt god hushållning. Jord- och skogsbruk är av nationell betydelse. Av miljöbalken följer också att tillstånd inte får ges till verksamheter som strider mot en detaljplan eller områdesbestämmelser.

Nedan bedöms av DGE huruvida den ansökta verksamheten riskerar att påtagligt skada förekommande områden av riksintresse. Här bedöms även huruvida den ansökta verksamheten innebär en god hushållning med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt.

10.4.1 Energiproduktion

Det finns fyra riksintresseområden för havsbaserade vindkraftsanläggningar i projektområdets närhet: Finngrundet (Östra och Västra banken), Campsgrund samt Storgrundet. Flera av de äldre områdena av riksintresse för energiproduktion ligger på djup om maximalt cirka 30 meter. Teknikutvecklingen inom havsbaserad vindkraft har gått framåt och det är nu tekniskt och ekonomiskt möjligt att bygga vindkraft även på djupare vatten, varför flera av dessa områden har övergivits, mycket till följd av de höga naturvärden som ofta sammanfaller med grundare områden. Av de fyra områdena är i dagsläget endast Storgrundet aktuellt för utbyggnad och detta kan ske utan negativ påverkan från Najaderna. Någon påtaglig skada bedöms därför inte uppkomma.

Forsmarks kärnkraftverk är också ett riksintresseområde för energiproduktion samt för framtida slutförvaring. Beaktat det stora avståndet till Najadernas projektområde bedöms ingen påtaglig skada kunna uppkomma.

10.4.2 Sjöfart

Projektområdet gränsar till samt delvis överlappar två riksintressen för sjöfarten. Detta gäller Grundkallen–Söderhamn/Hudiksvall i nordöst samt Grundkallen–Gävle i söder. Närmsta hamnar av riksintresse utgör Forsmark och Gävle hamn. Längre norrut återfinns även två riksintressehamnar i Söderhamn. Enligt 3 kap 8 § miljöbalken ska områden som är av riksintresse för kommunikationsanläggningar skyddas mot åtgärder som påtagligt kan försvåra tillkomsten eller utnyttjandet av anläggningarna.

En trafikanalys har genomförts och framgår av avsnitt 4.19 samt Bilaga C.10. Vidare har en Hazid-workshop genomförts och en nautisk riskanalys är under framtagande, vilken bland annat baseras på trafikanalysen och workshopen. Vid den slutliga projekteringen kommer hänsyn att tas till relevanta skyddsåtgärder och slutlig placering av vindkraftverken, vilket innebär att Najaderna vindkraftpark inte ska innebära några begränsningar i utnyttjande av och därmed inte heller någon påtaglig skada på riksintresset, varken hamnar eller farleder. Även om passerande fartyg sannolikt kommer att hålla ett visst avstånd till vindkraftverken kommer det även fortsättningsvis att finnas utrymme för sjöfarten inom farlederna.

10.4.3 Yrkesfiske

Liksom framgår av avsnitt 4.6 angränsar projektområdet till utpekade riksintresse för yrkesfisket enligt 3 kap 5 § miljöbalken som sträcker sig mellan Finngrundens bankar. Ytterligare riksintressen, inklusive hamnar, finns på större avstånd.

Den planerade verksamheten bedöms inte fysiskt påverka de ytor som utpekats som riksintresse för yrkesfisket. Beaktat den ringa påverkan på fisk som bedömts av NIRAS, se Bilaga C.6 och avsnitt 10.2.3, med konsekvenser som varierar mellan positiva och små, bedömer DGE att någon påtaglig skada på riksintressena inte är att vänta.

10.4.4 Naturvård

Längs kusterna väster om projektområdet finns flertalet riksintressen för naturvården enligt 3 kap 6 § miljöbalken. Närmsta område, Björns skärgård, ligger cirka 13 km från projektområdet. Beaktat det stora avståndet till Najadernas projektområde bedöms ingen påtaglig skada kunna uppkomma.

10.4.5 Friluftsliv

Skutskär ligger vid Dalälvens mynning. Dalälven utgör riksintresse för friluftslivet enligt 3 kap 6 § miljöbalken och det rörliga friluftslivet enligt 4 kap 2 § miljöbalken. Gräsö östra skärgård är också utpekad som riksintresse för friluftsliv.

Någon fysisk påverkan på de båda riksintressena bedöms inte uppkomma. Ingen påtaglig skada bedöms således uppkomma.

10.4.6 Kulturmiljövård

Av samtliga förekommande områdena av riksintresse för kulturmiljövården har Folkesson Landskapsarkitektur, Bilaga C.2, bedömt att viss visuell påverkan kan uppkomma i de tre områdena som framgår av Tabell 31. Även om Najaderna kommer att vara synlig i de tre områdena bedöms ingen påtaglig skada uppkomma.

Tabell 31. Riksintresseområden för kulturmiljön vilka bedöms visuellt påverkas av Najadernas vindkraftpark samt konsekvensbedömning.

Riksintresseområde	Påverkan	Konsekvensbedömning
C6 Hållens by och Fågelsundets fiskehamn	Verken ej synliga från Hållens by. Delvis synliga från fiskehamnen. Verken kommer att kontrastera mot landskapets ålderdomliga uttryck. Dock stort avstånd till verken samt endast få synliga från ett fåtal platser.	Måttlig negativ påverkan
C16 Djursten	Mycket stort avstånd till vindkraftverken. Vindkraftparken blir ett nytt, stort landmärke. Pga. det stora avståndet kommer vindkraftparken inte förta upplevelsen av fyren som landmärke.	Obetydlig negativ påverkan
K802 Norrlandet–Utvalsnäs	Avståndet till vindkraftparken mycket stor. Dock vetter hela Norrlandets kust i riktning mot vindkraftparken. Verken synliga i princip hela kuststräckan, inklusive från kulturhistoriska intressanta företeelser.	Måttlig negativ påverkan

10.4.7 Högexploaterad kust

Kusten från Arkösund till Forsmark är utpekad som högexploaterad kust enligt 4 kap 4 § miljöbalken. Begränsningarna inom riksintresset avser fritidsbebyggelse och vissa industrianläggningar. Vidare får exploateringsföretag inte komma till stånd om de påtagligt skadar områdenas natur- och kulturvärden. Enligt Folkesson Landskapsarkitektur, Bilaga C.2, förekommer det kulturvärden inom riksintresset för högexploaterad kust. Viss visuell påverkan på dessa kan uppstå, men ingen påverkan bedöms som påtaglig. DGE bedömer inte heller att någon påtaglig skada sker på de kulturvärden som förekommer inom riksintresset.

10.4.8 Havsplaner

Najaderna vindkraftparks lokalisering sammanfaller i stora drag med de nya föreslagna utpekade energiområden som beskrivs i avsnitt 4.3.2.1. Projektområdet är vidare i överensstämmelse med de befintliga havsplaneområdena som framgår av Figur 5 på sidan 29.

10.5 Hushållning med material, råvaror och energi

Utöver att Najaderna kommer att producera fossilfri el, vilket i sig är grunden för god hushållning med energi, påverkas projektets hushållning bland annat av fundamentalsval där gravitationsfundament normalt är mer materialkrävande än andra fundamentstyper.

Projektområdet för Najaderna vindkraftpark är inte prioriterat för uttag av sand från havsbotten. Detta framgår av en utredning som SGU genomfört efter ett regeringsuppdrag där endast ett område på norrlandskusten har identifierats: Svalans/Falkens grund i Bottenviken. (SGU, 2017). Utpekande av områden har skett mot bakgrund av naturvärden, biologiska och geologiska faktorer, tekniska egenskaper samt sedimentdynamik. Värdet av området bedöms därmed som obetydligt ur det hänseendet. Effekterna av de försvårade möjligheterna till uttag av sand bedöms också som litet eftersom alternativ finns. Konsekvenserna blir därmed obetydliga i det hänseende men positiva avseende den totala energihushållningen.

10.6 Andra delar av miljön

10.6.1 Yrkesfisket

Det kustnära strömmingsfisket är en traditionellt viktig näring på norrlandskusten och områden av riksintresse för yrkesfisket finns i närområdet, inga sammanfaller dock med projektområdet och i avsnitt 4.18 framgår också att det huvudsakliga yrkesfisket sker utanför projektområdet. Baserat på detta gör DGE bedömningen att värdet på yrkesfisket i projektområdet är litet.

10.6.1.1 Anläggningsfas

Anläggningsfasen av vindkraftparken uppgår till cirka två år och det är troligt att området då till stor del är stängt för extern trafik. Det är sannolikt att det yrkesfiske som bedrivits inom projektområdet kommer att förflyttas till andra fiskeområden och kan innebära ett ökat fisketryck där. En temporär minskning av mängden tillgänglig fisk för yrkesfisket kan även ske till följd av buller och sedimentspridning, men beaktat den ringa påverkan på fisk som bedömts under anläggningsfasen (se Bilaga C.6 och avsnitt 10.2.3) med konsekvenser som varierar mellan mycket små och små, bedömer DGE detta som en liten påverkan. Då yrkesfisket troligen inte kan nyttja projektområdet under de aktiva delarna av anläggningsfasen minimeras dessutom påverkan som beror på buller och sedimentspridning.

DGE bedömer att effekten på yrkesfisket under anläggningsfasen som helhet är måttlig, baserat på att det endast är under en avgränsad tid som effekten uppstår. Med ett litet värde på yrkesfisket inom projektområdet innebär det att konsekvenserna under anläggningsfasen blir små, och dessutom tillfälliga under en till tiden avgränsad tidsperiod.

10.6.1.2 Driftsfas

Under driftsfasen kan förlust av fiskeområden och konflikt mellan redskap och infrastruktur i vindkraftparken innebära socioekonomiska effekter för yrkesfisket. Inom Najaderna vindkraftpark kommer det sannolikt att vara möjligt att tråla, men de risker som fysiska

strukturer i vindkraftparken innebär kan trots det resultera i att stora delar av det befintliga yrkesfisket flyttar till ett annat område.

Det finns också en risk att fiskeutrustning fastnar, vilket kan orsaka skada på fiskeredskap eller på vindkraftverk. Pelagiska fiskeredskap kan vara mycket långa, vilket innebär att navigation med sådana inom vindkraftparker kan vara mycket svår att utföra och förenat med hög risk. Bottentrålning bedöms som mer möjligt förutsatt att det tillåts enligt gällande regelverk, men även vid bottentrålning kan redskap fastna i vindkraftverkens strukturer, kablar eller kabelskydd. Övertäckning av kablar i form av grus och sten eller motsvarande, eller blottläggning av nedgrävda kablar kan medföra att bottentrålning inte kan bedrivas inom vindkraftparken. I det fall att det inte är möjligt att tråla inom hela vindkraftparken kan en trålpassage genom vindkraftparken innebära att bottentrålar har möjlighet att fortsätta sitt tråldrag genom vindkraftparken. Fiske med fasta redskap utgör en mindre risk för fiskaren om redskapet fastnar i fundamenten, och det kan förväntas att fiske med fasta redskap ökar i omfattning inom och i närhet till vindkraftparken.

Vindkraftparken i sig förväntas inte leda till minskade mängder fisk inom projektområdet under driftsfasen (Bilaga C.6. En förflyttning av yrkesfisket till andra områden där fisket redan är intensivt kan däremot innebära en minskad effektivitet i fisket. En ”spill-over”-effekt kan uppkomma som en följd av reveffekter och om yrkesfisket inom vindkraftparken begränsas. De kan bidra med fisk till andra områden och medföra att fiske längs med vindkraftparkens gränser blir mer lukrativt.

DGE:s bedömning är att effekten på yrkesfisket, beroende på många olika faktorer så som fiskemetoder, anpassningsmöjligheter, reveffekter och ”spill-over”, kan variera mellan positiva och måttligt negativa med positiva till små negativa konsekvenser som följd.

10.6.1.3 *Avvecklingsfas*

Nedmontering av vindkraftparken är i stort sett det motsatta förloppet som vid anläggning och innebär att området kommer att vara avstängt för fiske under en period. Hårdbottenstrukturer och ytligt förlagda kablar på havsbotten kan innebära begränsningar för bottentrålning inom projektområdet.

DGE bedömer att effekten på yrkesfisket under avvecklingsfasen som helhet är måttlig, baserat på att det endast är under en avgränsad tid som effekten uppstår. Med ett litet värde på yrkesfisket inom projektområdet innebär det att konsekvenserna under anläggningsfasen blir små, och dessutom tillfälliga under en avgränsad tidsperiod. Den slutliga bedömningen kan dock först göras vid tidpunkten för avvecklingen eftersom det är mycket svårt att sia om hur yrkesfisket har utvecklats under de 45 år vindkraftparken kan förväntas vara i drift.

10.6.1.4 *Kumulativa effekter*

Några av vindkraftparkerna som presenteras i avsnitt 4.4 planeras inom områden med ett mer intensivt yrkesfiske än inom Najadernas projektområde. Anläggande av flera vindkraftparker under samma tidsperiod kan innebära att en omfattande yta av det befintliga yrkesfisket påverkas. Omfattningen av kumulativa effekter under driftsfasen beror till stor del på om

yrkesfiske kommer tillåtas inom vindkraftparkernas områden. Sannolikt innebär etableringen av vindkraftparkerna en omfördelning i fiskeansträngningen inom olika havsområden.

10.6.2 Sjöfart och nautiska risker

Sjöfarten i området har ett måttligt värde, beaktat den trafikintensitet som framgår av beskrivningen i avsnitt 4.19.

En riskidentifiering har genomförts utifrån projektområdets utformning. En uppdaterad riskanalys planeras i ett senare skede av projekteringen. Slutlig bedömning av påverkan och konsekvenser kan göras först när denna är klar.

10.6.3 Försvarsmakten

Det finns inga offentligt redovisade försvarsintressen inom projektområdet eller i dess närhet. I samrådet har dock Försvarsmakten angett att det planerade projektet riskerar att medföra påtaglig skada på riksintresse för totalförsvarets militära del som omfattas av sekretess enligt 15 kap 2 § offentlighets- och sekretesslagen (2009:400). Försvarsmakten redogör inte mer specifikt för denna skada, då det skulle riskera att avslöja uppgifter vars röjande kan medföra betydande men för totalförsvaret eller i annat fall för rikets säkerhet.

Najaderna Offshore bedömer, i likhet med vad som framgår av FOI:s rapport *Möjligheter till samexistens mellan Försvarsmaktens verksamhet och utbyggd vindkraft* (FOI, 2022) att det finns möjligheter till tekniska anpassningar i vindkraftparken som möjliggör samexistens med Försvarsmaktens eventuella verksamhet inom området och välkomnar en dialog med Försvarsmakten kring hur sådan anpassning bäst hade kunnat utföras.

Givet sekretessen kring Försvarsmaktens verksamhet har DGE inte kunnat göra en egen bedömning av effekterna från den ansökta verksamheten. Några konsekvenser, för någon av projektets faser, har därför inte kunnat bedömas. Vidare kan det noteras att elförsörjningen också utgör del av totalförsvarets intresse.

10.7 Samlad bedömning

Vad som framgår av avsnitten 10.1–10.6 sammanfattas i matrisen i Tabell 32. Observera att bedömningarna avseende intresseområdena *Natura 2000*, *miljökvalitetsnormer* och *Hushållning med mark, vatten, och den fysiska miljön i övrigt* skiljer sig från övriga intresseområden, då dessa inte bedöms baserat på värde/känslighet och effekter, utan i förhållande till uppställda krav i lagstiftningen avseende påverkansbedömningen. Detta framgår också av texterna under nämnda avsnitt.

Sammantaget kan konstateras att de högst bedömda konsekvenserna är måttliga i jämförelse med nollalternativet och uppstår till följd av vindkraftverkens synlighet från land under driftfasen. Härfter följer små konsekvenser för fåglar under drifttiden, för bentisk fauna under anläggnings- och avvecklingsfas, för fisk under anläggningsfasen samt för yrkesfisket under samtliga projektfaser. Vissa positiva konsekvenser har också bedömts kunna uppkomma för fisk och yrkesfisket under driftfasen samt för klimatet under projektets driftfas. Den förväntade elproduktionen från Najaderna vindkraftpark på cirka 4–5 TWh per

år skulle bidra till en utsläppsminskning av växthusgaser med cirka 2,7 miljoner ton per år, vilket motsvarar cirka 6 % av de samlade svenska utsläppen för 2022.

Tabell 32. Matris som sammanfattar de samlade miljöeffekterna till följd av den ansökta verksamheten. n/a betyder ej relevant.

	positiv	obetydlig	mycket små	små	måttliga	stora
Område	Anläggningsfas			Driftsfas		Avvecklingsfas
Befolkning och människors hälsa						
- Boende (vindkraftverkens synlighet från land)	n/a					n/a
Djur, växter och biologisk mångfald						
- Natura 2000	Natura 2000-prövning bedöms ej krävas					
- Bentisk fauna						
- Fisk						
- Marina däggdjur						
- Fåglar	n/a					n/a
- Fladdermöss	n/a					n/a
Mark, jord, vatten, luft, klimat, landskap och kulturmiljö						
- Landskap och nyttjandevärden	n/a					n/a
- Kusterosion svenska kusten	n/a					n/a
- Miljöövervakning	n/a			n/a		n/a
- Miljökvalitetsnorm						
- Klimatnytta och klimatpåverkan						
- Marinarkeologi	n/a			n/a		n/a
Hushållning med mark, vatten, och den fysiska miljön i övrigt						
God hushållning och ingen påtaglig skada						
Hushållning med material, råvaror och energi						
God hushållning						
Andra delar av miljön						
- Yrkesfisket						
- Sjöfarten	Bedöms i ett senare skede efter genomförande av nautisk riskanalys					
- Totalförsvaret	Bedömning ej möjligt på grund av försvarssekretess					

11 Uppföljning och kontroll

Verksamheten kommer att kontrolleras enligt tillämpliga bestämmelser om egenkontroll. Ett kontrollprogram kommer att upprättas som syftar till att redovisa hur projektet på ett systematiskt sätt planerar, genomför och följer upp verksamheten som omfattas av byggnationen respektive driften av vindkraftparken.

Projektet kommer att upprätta ett kontrollprogram för anläggningsskedet och ett för driftskedet.

I kontrollprogrammet kommer i huvudsak följande att beskrivas:

- Verksamheten, allmän beskrivning
- Verksamhetsutövare
- Organisation och ansvarsfördelning
- Myndighetsbeslut och villkor
- Hur kontroll och uppföljning av tillståndet och dess villkor samt eventuellt övriga åtaganden sker
- Uppgifter om beredskapen för och föreslagna insatser vid allvarliga olyckor

Eolus har lång erfarenhet av både anläggningsskede och drift av vindkraftparker. En checklista biläggs kontrollprogrammet med redovisning av anläggningsspecifika villkor och åtaganden samt hur dessa följs upp och redovisas. Specifika rutiner för anläggningsskedet upprättas och för driftskedet hänvisas till rutiner som används generellt i alla projekt som Eolus driftorganisation ansvarar för, kompletterat med anläggningsspecifika krav. Exempel på detta kan vara rutiner för uppföljning av ljudvillkor respektive avfalls- och kemikaliehantering.

12 Referenser

Bellman et al. 2020. *Underwater noise during percussive pile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values*. Oldenburg, Germany: ITAP. https://www.itap.de/media/experience_report_underwater_era-report.pdf (hämtad 2023-10-30).

Energiföretagen, 2023. *Sveriges elbehov 2045 – hur stänger vi gapet*. Februari 2023.

Energimyndigheten, 2021. *Vindkraftens resursanvändning*. https://www.energimyndigheten.se/48ff35/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf (hämtad 2023-06-08)

Energimyndigheten, 2022. *Statistikdatabas*. https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Vindkraftsstatistik/Vindkraftsstatistik/EN0105_3.px/ (hämtad: 2022-03-28)

Energimyndigheten, 2023a. *Sveriges energi- och klimatmål*,
<https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/sveriges-energi--och-klimatmal/> (hämtad 2023-11-27)

Energimyndigheten, 2023b. *Förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna Redovisning av uppdraget att ta fram ett underlag för nya eller ändrade områden för energiutvinning i havsplanerna som möjliggör ytterligare 90 TWh årlig elproduktion*. ER 2023:12

European Commission, 2023. *Renewable Energy Directive*.
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en?prefLang=sv (hämtad 2023-12-12)

Europeiska rådet, 2023. *Förnybar energi: rådet antar nya regler*.
<https://www.consilium.europa.eu/sv/press/press-releases/2023/10/09/renewable-energy-council-adopts-new-rules/> (hämtad 2023-12-12)

FOI, 2022. *Möjligheter till samexistens mellan Försvarmaktens verksamhet och utbyggd vindkraft*. ISSN 1650-1942. April 2022.

Globala Målen, 2022. *Bekämpa klimatförändringarna*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-13-bekampa-klimatforandringarna/> (hämtad 2023-11-27)

Havs- och vattenmyndigheten, 2019. *Miljökonsekvensbeskrivning av havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet*.

Havs- och vattenmyndigheten, 2022. *Havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet*. Beslutade av regeringen i februari 2022.

Havs- och vattenmyndigheten, 2023. *Kvoter i Östersjön*. <https://www.havochvatten.se/fiske-och-handel/kvoter-uppfoljning-och-fiskestopp/kvoter-i-ostersjon.html> (hämtad 2023-11-30)

IPCC, 2023. *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (hämtad 2023-11-27)

Konsumeternas Energimarknadsbyrå, 2023. *Normal elförbrukning och elkostnad för villa*.
<https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/> (hämtad 2023-11-28)

Länsstyrelsen Gävleborg, 2019. *Energi- och klimatstrategi för Gävleborgs län 2020–2030*.
https://www.lansstyrelsen.se/publikation?entry=X_2019_10&context=29 (hämtad 2023-11-27)

Länsstyrelsen Gävleborg, 2020. *Koldioxidbudget 2020–2040 Gävleborgs län*
https://www.lansstyrelsen.se/publikation?entry=X_2020_1_2&context=29 (hämtad 2023-11-27)

Länsstyrelsen Uppsala län, 2023. *Färdplan för ett hållbart län – åtgärdsprogram för minskad klimatpåverkan 2023–2027*. <https://www.lansstyrelsen.se/publikation?entry=147&context=33> (hämtad 2023-11-27)

Länsstyrelserna, 2023. Nationella kartsikt med Värdeatrakter. <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/arcgis/apps/storymaps/collections/4b938df8530a451e832ae55ae5489a78?item=1>. 2023-12-13. Lötberg, U., Sjöstrand, S., Bergendal, H., Isaksson, N., Åkesson, S., 2023a. *GPS-märkta silltrutar (Larus fuscus fuscus) nyttjande av projekteringsområdet Najaderna*.

Lötberg, U., Bergendal, H., Söderlund, L., Isaksson, N., Åkesson, S., 2023b. *Sångsvanars vårsträck över södra Bottenhavet och förbi vindkraftpark Najaderna under 2023*.

Naturvårdsverket, 2022a. *Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser*.

<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/> (hämtad 2023-11-27)

Naturvårdsverket, 2022b. *Effekter av havsbaserad vindkraft på marint liv – En syntesrapport om kunskapsläget 2021*. https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7049-6_b.pdf (hämtad 2023-10-27)

Naturvårdsverket, 2023a. *Hemställan om utpekande av nya Natura 2000-områden i marin miljö. Skrivelse 2023-06-22*.

<https://www.naturvardsverket.se/49f0af/contentassets/0fa6d9c4d9e74c49869ed21a68147813/2-skrivelse-om-utpekande-av-nya-natura-2000-omraden-i-marin-miljo.pdf> (hämtad 2022-08-28)

Naturvårdsverket, 2023b. *Översiktskarta SPA*.

<https://www.naturvardsverket.se/49f4cf/contentassets/0fa6d9c4d9e74c49869ed21a68147813/oversiktskarta-spa.jpg>. (hämtad 2023-12-08)

Nätverket Vindkraftens miljönytta, 2019. *Svensk vindkraft kan minska klimatutsläppen med 50 procent*. April 2019.

SCB, 2022. *Statistikdatabasen*. <https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/> (hämtad 2022-03-28)

Sweco, 2021. *Elkraftsförsörjning i Gävleborg – en framtidsriktad systemanalys*.

<https://www.regiongavleborg.se/samverkanswebben/regional-utveckling/energi-och-klimat/elkraftsforsorjning/> (hämtad 2023-11-28)

Tillväxt- och regionsplaneförvaltningen, 2019. *Kraftförsörjning inom östra Mellansverige*.

http://rufs.se/globalassets/h.-publikationer/2020/20200211_kraftforsorjning-oms_rapport.pdf (hämtad 2023-08-23)

VISS, 2022. *Vatteninformationssystem Sverige*. <https://viss.lansstyrelsen.se/> (hämtad 2022-01-28)

Vrak – Museum of Wrecks, en del av Statens maritima och transporthistoriska museer, 2023.
Najaderna vindkraftpark – Marinarkeologisk förstudie. Arkeologisk rapport 2023:6.
September 2023.